الطاقة وتغير المناخ

أ.د.جمال سعيد
كلية العلوم - جامعة الفيوم

د. محمد عبد المنعم
معهد المستقبل العالي للهندسة بالفيوم



بطاقة فهرسة

مكتبة جزيرة الورد
اســم الكتاب : الطاقة وتغير المناخ
المــــــــؤلف : أ.د. جمال سعيد ، د. محمد عبد المنعم
رقـــم الإيداع :

الطبعة الأولى ٢٠١٩

مكتبة جزيرة الورد
القاهرة : ٤ ميدان حليم خلف بنك فيصل
ش ٢٦ يوليو من ميدان الأوبرا ت : ٠١٠٠٠٠٤٠٤٦ ـ ٢٧٨٧٧٥٧٤
Tokoboko_5@yahoo.com


بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

يهدف الكتاب إلى توضيح مفهوم الطاقة وعرض مصادرها وارتباط تغير المناخ باستخدام هذه المصادر وشرح أهمية استخدام مصادر الطاقة الآمنة للبيئة والتي لا تعطي نواتج تؤثر بالسلب على البيئة والمناخ ومن ثم على حياة البشر.

فالحفاظ على البيئة وتقليل تغير المناخ بما يناسب استمرار الحياة على الأرض هو سبب للأهمية القصوى لاستخدام المصادر المتجددة للطاقة كالشمس والرياح والمياه والمصادر الحيوية والحرارة الأرضية الجوفية بدلا من المصادر غير المتجددة أو غير الآمنة للبيئة مثل الفحم و البترول و الغاز الطبيعي أو الطاقة النووية وهي مصادر قد ينضب معظمها في المستقبل القريب.واستخدام زيت البترول للحصول على المركبات الكيميائية والدوائية الهامة للبشرية أفضل من تضييع قيمته الثمينة في حرقه لإنتاج الطاقة أو في تشغيل وسائل النقل والمواصلات.

ومنذ بداية الثورة الصناعية واستخدام الفحم ثم البترول في تشغيل المحركات في المصانع أو محطات الطاقة الكهربية ووسائل النقل والمواصلات حتى الآن زادت من نسبة تلوث الهواء والماء والتربة. وأصبحت الغازات الملوثة للهواء موجودة بكميات كبيرة مثل الغازات الدفيئة والتي تؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة كغاز ثاني أكسيد الكربون وأدى ذلك إلى ظهور الاحتباس الحراري للأرض مما أدى إلى زيادة درجة الحرارة الكلية للأرض ومن ثم تغير المناخ. وكانت سنة ٢٠١٨ هي الأعلى في درجة الحرارة الكلية على الإطلاق من السنين السابقة.

وكان لتغير المناخ أثارا خطيرة على الإنسان والكائنات الحية مثل ازدياد الفيضانات نظرا لزيادة درجة الحرارة وانصهار الجليد في القطبين مما أدى لارتفاع مستوى سطح البحر وكذلك حدوث تغيرات حادة في الطقس وتغير أماكن نزول الأمطار فغرقت بعض المناطق وجفت مناطق أخرى وزاد عدد وشدة العواصف والأعاصير كل عام .

ومع هذه الحوادث وتحذيرات العلماء بدأت الدول والحكومات الانتباه للعواقب التي تأتي بتغير المناخ وخطورتها على البشرية والحياة على الأرض إن استمر الحال كما هو عليه بدون اتخاذ حلول لتقليل أسباب هذا التغير. وتم عقد مؤتمر دولي للبيئة في سبعينيات القرن الماضي ذكر فيه تغير المناخ وكان المؤتمر الأول الخاص بتغير المناخ هو قمة الأرض بريو دي جانيرو بالبرازيل سنة ١٩٩٢ ثم توالت بعد ذلك المؤتمرات الدولية الخاصة بالمناخ والبيئة ومنها مؤتمر باريس للمناخ عام ٢٠١٥ الذي أثمر عن اتفاق باريس للمناخ ومن مبادئ الاتفاق أن للأجيال القادمة الحق في العيش في بيئة سليمة صالحة، ولذلك فحماية أطراف الاتفاقية للبيئة هو أمر منصف لتلك الأجيال ويتعين على البلدان المتقدمة أن تأخذ دور الصدارة في مكافحة التغير المناخي والآثار الضارة المترتبة عليه. وأن تتخذ جميع الأطراف التدابير اللازمة للوقاية من أسباب تغير المناخ أو تقليلها أو تخفيف من حدة آثارها الضارة، ومهما كانت التهديدات والتحديات يجب اتخاذ كل التدابير اللازمة لمعالجة الأمر .

وبدأت دول كثيرة للتحول التدريجي نحو مصادر الطاقة المتجددة مثل الولايات الأمريكية ودول الاتحاد الأوروبي والصين واليابان، حيث أن دول الاتحاد الأوروبي اتخذت الأمر على محمل الجد نظرا لخطورته البالغة على الحياة البشرية. وقد وصلت نسبة استخدام الطاقة المتجددة إلى ٣٢% من إجمالي الطاقة في دول الاتحاد الأوروبي، وكمثال ألمانيا تنتج ٤٠% من طاقتها من المصادر المتجددة.

وبعض البلدان في العالم تحصل الآن على معظم حاجتها من الطاقة عن طريق المصادر المتجددة وتشمل أيسلندا ونسبة استخدام المصادر المتجددة بها ١٠٠% والنرويج ٩٨% والبرازيل 86%والنمسا ٦٢%ونيوزيلاندا ٦٥%والسويد ٥٤%.

وهنا وجب علينا أن نناشد الدول والحكومات العربية وخاصة مصر بالسير على خطى الدول المتقدمة والتحول للمصادر المتجددة للطاقة خاصة الشمس والرياح لتوفرهما الكبير في المنطقة العربية وخاصة مصر التي تسطع فوقها الشمس تقريبا كل أيام السنة وهي من أعلى المناطق التي تستقبل الإشعاع الشمسي. والتحول إلى الطاقات المتجددة يزيد من نمو الاستثمارات والاقتصاد المصري و يفتح أبواب العمل للأعداد الكبيرة من المصريين والذين هم في أشد الحاجة لتطوير حياتهم المعيشية الصعبة. وكما أن استخدام الطاقة الشمسية بالقرب من الساحل الشمالي وساحل البحر الأحمر يمكن تحلية مياه البحر وايجاد مصدر أخر للمياه حيث أن مصر من الدول التي تقع تحت خط الفقر المائي بدرجة حرجة . واستغلال الطاقة المتجددة في مناطق صحراوية جديدة سيعمل على تكوين مدن جديدة يتجه إليها المصريون وتكون حلا رئيسيا لمشكلة التكدس السكاني في مصر وحتى تتبوأ مصر المكانة اللائقة في مستقبل مشرق ومستحق .

الفصل الأول : الطاقة

١-١ مقدمة:

التعريف الشائع الذي قدمه العلماء أن الطاقة هي المقدرة على بذل شغل، وسبب نهوض الحضارة الحديثة والتقدم هو أن الناس قد تعلموا كيفية تغيير الطاقة من شكل الى آخر ومن ثم استخدامها في الصناعة وإنجاز الأعمال. فنحن نستخدم الطاقة لتحريك السيارات على طول الطرق والقوارب على المياه ولطهي الطعام باستخدام المواقد وكذلك تستعمل الطاقة في إضاءة منازلنا أو لتشغيل الأجهزة الكهربية أو حتى لشحن أجهزة الهواتف المحمولة. لذا أصبح الإنسان المعاصر يستخدم الطاقة في كل شيء من الحصول على النار بإشعال عود ثقاب إلى استخدام الطاقة لاستكشاف الفضاء.

١-٢ أشكال الطاقة:

الطاقة توجد في عدة أشكال كالطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية والطاقة الإشعاعية والطاقة الذرية. وكل أشكال هذه الطاقات قابلة للتحويل الداخلي إلي بعضها البعض بواسطة طرق تحويل مناسبة. وتستغل مصادر هذه الطاقات لتوليد الكهرباء التي نحتاجها سواء للإنارة أم لتشغيل الماكينات والأجهزة الكهربائية كالتليفزيونات والكمبيوترات في بيوتنا ومدارسنا ومكاتبنا ومصانعنا. والبترول هو مصدر من مصادر الطاقة نستخدم مشتقاته لتشغيل سياراتنا أو لإدارة الآلات والمعدات وغيرها كي نمارس الأنشطة المعيشية المختلفة التي نتمتع بها في حياتنا. فالطاقة ضرورة حياتية للعيش فوق كوكبنا وبواسطتها صعدت المركبات للفضاء وجاب الإنسان العالم ليتعرف عليه ويستخدم ثرواته.

فالحياة الإنسانية كلُّها تعتمد على الطاقة التي نستقبلها من الشّمس على هيئة إشعاعات. فالإشعاعات الشمسية تحت الحمراء تدفئ الأرض وأشعتها الضوئية تعطي النبات الطاقة اللازمة لنموه. والنباتات تختزن الطاقة الشمسية في صورة طاقة كيميائية في عملية البناء الضوئي. والمواد الغذائية التي يكونها النبات هي الغذاء الذي تعتمد عليه جميع الكائنات الحية. وتستخدم الحيوانات والكائنات الحية الأخرى الطاقة الناتجة من الغذاء لدفع العمليات الحيوية داخل أجسامها وتحريك العضلات. وتختزن طاقة الشمس أيضاً في صورة طاقة كيميائية متمثلة في زيت البترول والغازات والفحم الحجري. وقد نتجت هذه الأنواع من الوقود الأحفوري من رواسب وبقايا النباتات والكائنات الحية التي عاشت منذ ملايين السنين. ونحن نحرق هذا الوقود لاستخلاص الطاقة منه. ويحوّل الاحتراق الطاقة الكيميائية في الوقود إلى حرارة، وهذه الحرارة بالتالي يمكن أن تُحوَّل إلى طاقة ميكانيكية. فاحتراق الفحم الحجري كمثال يستعمل في إدارة التوربينات البخارية التي تنتج الكهرباء في محطات توليد الطاقة الكهربائية. وفي هذه المحطات تتحول الطاقة الكيميائية في الفحم الحجري إلى طاقة حرارية التي تتحوّل بدورها الى طاقة ميكانيكية. وتتحول الطاقة الميكانيكية في التوربينات بوساطة المولدات إلى طاقة كهربائية.

والطاقة النووية شكل آخر من أشكال الطاقة التي تُختزن بين الجسيمات المكونة لأنوية الذرات في المادة وهي طاقة تجمع الجسيمات النووية معا وتخرج على صورة طاقة حرارية هائلة عند انشطار جسيم نووي إلي جزأين أو عند اندماج جسيمين نوويين معا لتكوين جسيم آخر. والتفاعلات النووية الانشطارية أو الاندماجية تعطي هذه الطاقة الهائلة في صورة حرارة وإشعاع.

وتـم اسـتغلال التفـاعُلات الانشـطارية لتوليـد الحـرارة فـي المفـاعلات النوويـة والتفـاعلات الاندماجيـة تولـد حـرارة شـديدة فـي بـاطن الشمس والتـي تسـبب استمرار الشمس ملتهبة على الدوام. وفي الطبقات الخارجية للشمس تنتقل الحرارة بالإشعاع الذي ينبعث من الشمس في كافة الاتجاهات، ونحن على الأرض نستقبل جزءًا ضئيلاً من هذا الإشعاع. وفي السنوات الحالية يتم إنشاء مفاعلات نووية إندماجية تحت الاختبار. وفي التفاعلات الانشطارية والاندماجية تكون كتلة المواد الناتجة من التفاعل أقلّ بقليل من كتلتها قبل التفاعل، ولذا فإن جزءًا صغيراً من المادة يكون قد تحول إلى طاقة. وقد استنتج العلمـاء أنّ المـادة والطاقـة متكافئتـان وجميـع العمليـات فـي الطبيعـة محكومـة بالتغيُّرات التي تحدث في الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر.

ويوجد العديد من أشكال الطاقة ولكنها جميعا يمكن إدراجها في فئتين أساسيتين هما الطاقة الحركية والطاقة الكامنة.

والطاقة الحركية هي الطاقة الناتجة عن الحركة أي بسبب تأثير القوة على الأجسام. والطاقة الحركية هي الطاقة التي يتمتع بها الجسم عندما يتحرك. وتتناسب طاقة حركة الجسم طردياً مع كتلته ومربع سرعته. ولهذا فإنّ للقطار الذي يتحرّك بسرعة **80** كيلو متر في الساعة طاقة تعادل أربعة أمثال طاقة قطار آخر يتحرّك بسرعة ٤٠ كم في الساعة. والقطار الساكن ليس له طاقة حركة لأن طاقة الحركة التي اكتسبها أثناء حركته قد تحولت إلى حرارة تولدت عن الاحتكاك في المكابح التي أوقفت القطار.

الطاقة الكامنة هي الطاقة الموجودة في الجسم بسبب وضعه أو حالته. وهي تمثل الشغل الذي بُذِل فعلاً، وتسمّى أحياناً الطاقة المختزنة. فإذا رفعنا صندوقاً من الأرض إلى منضدة، فإن طاقة وضع الجسم سوف تزداد بمقدار كمية الشغل اللازمة لرفعه إلى المنضدة. ويمكن تحويل الطاقة الكامنة إلى أشكال أخرى من الطاقة فإذا ما دفعنا الصندوق من فوق المنضدة فسوف يبدأ في السقوط وتتحول طاقته الكامنـة إلـى طاقـة حركيـة. وعندما يصـطدم الصـندوق بـالأرض يحـدث اهتزازات على الأرض والهواء المحيط بها. وتسخن هذه الاهتزازات الأرض والهواء، وبهذا تكون الطاقة الحركية للجسم قد تحوّلت إلى طاقة حرارية.

والطاقة الكيميائية أحد أشكال الطاقة الكامنة وهي الطاقة المخزنة في الروابط بين جزيئات وذرات المادة. فالجزيئات يمكن أن تختزن الطاقة نتيجة لطاقة وضع الذرات التي تنشأ عن تأثير القوى بين الذرات في الجزيئات. وأثناء التفاعلات الكيميائية تأخذ الذرات في الجزيئات مواقع مختلفة وتحدث تغيرات في الطاقات الكامنة لهذه الذرات. وإذا قلت الطاقة الكامنة فإن التفاعل ينتج طاقة تظهر على هيئة حرارة. وتعتبر مواد الكتلة الحيوية والنفط والغاز الطبيعي والفحم أمثلة لمصادر الطاقة الكيميائية والتي يتم تحويلها إلى طاقة حرارية عن طريق الحرق مثل حرق الخشب أو الفحم في المواقد أو حرق البنزين في محركات السيارات. وكذلك الطعام الذي يأكله الشخص يحتوي على الطاقة الكيميائية فيختزن الجسم هذه الطاقة الكيميائية إلى أن تتحول إلى طاقة حرارية أو حركية أثناء العمل أو اللعب.

والطاقة الميكانيكية هي الطاقة المختزنة في الأجسام نتيجة التوتر أو الإجهاد كما هو حادث في الحلزونيات المضغوطة أو الأوتار المطاطية المشدودة.

وطاقة الجاذبية هي نوع من أنواع الطاقة الكامنة المختزنة في الجسم نتيجة ارتفاعه فوق سطح الأرض، فكلما كان الجسم أكبر في الكتلة وأعلى ارتفاعا كلما كانت طاقة الجاذبية أكبر. فعندما يقود شخص دراجة ويتحرك إلى أسفل على طريق منحدر فإن طاقة الجاذبية تتحول إلى طاقة حركة. والطاقة المائية هي مثال آخر لطاقة الجاذبية، حيث أن الجاذبية تدفع المياه إلى أسفل فتمر خلال توربينات (محركات) كهرومائية فتدور التوربينات التي تولد الكهرباء.

أما الطاقة الحركية هي المسببة لحركة أي من الأمواج والإلكترونات والذرات والجزيئات والمواد والأجسام. وهي الطاقة المبذولة عند حركة الأجسام فكلما زادت حركتها كلما زاد مقدار الطاقة الحركية. ولابد من بذل طاقة لتحريك جسم وتنطلق الطاقة عندما يتباطأ الجسم المتحرك. والرياح هي مثال لطاقة الحركة وكذلك السيارة التي تتوقف فجأة تنطلق طاقتها الحركية بتمامها في لحظة التوقف.

والطاقة الإشعاعية هي الطاقة الكهرومغناطيسية التي تنتقل في موجات مستعرضة بنفس سرعة الضوء وتشمل الطاقة الإشعاعية كل من الضوء المرئي والأشعة السينية وأشعة جاما وموجات الراديو. وتعتبر أشعة الشمس طاقة إشعاعية والتي تمد الأرض بالضوء والحرارة والغذاء مما يجعل الحياة على الأرض ممكنة ومستمرة.

والطاقة الحرارية أو الحرارة، هي الطاقة التي تأتي من حركة الذرات والجزيئات في المواد .فكلما زادت الحرارة تزداد سرعة حركة الجزيئات .والطاقة الحرارية الأرضية هي الطاقة الحرارية في باطن الأرض.

والصوت ينتج من الحركة وانتقال الطاقة خلال المواد في شكل موجات طولية. ويصدر الصوت عندما تجعل القوة الجسم أو المادة في حالة اهتزاز وتنتقل هذه الطاقة خلال المواد بسرعة الصوت وفي المعتاد طاقة الصوت هي أضعف أشكال الطاقات. ويتم نقل الطاقة الكهربائية عن طريق جسيمات مشحونة صغيرة وهي الإلكترونات وتنتقل في المواد الموصلة في المعتاد خلال الأسلاك . ويعتبر البرق مثالا للطاقة الكهربائية في الطبيعة.

١-٣ مصادر الطاقة:

يمكن تصنيف مصادر الطاقة إلى مصادر متجددة ومصادر غير متجددة. فعندما يستخدم الأفراد الكهرباء في منازلهم التي يمكن أن تولد عن طريق حرق الفحم أو من خلال التفاعل النووي أو عن طريق محطة توليد الطاقة الكهرومائية من خلال إقامة السدود على النهر. لذلك الفحم والتفاعلات النووية والمصادر الكهرومائية مثل السد العالي هي عدد من الأنواع المتعددة لمصادر الطاقة. وعندما يحصل الفرد على (أنبوبة البوتاجاز)، فإن المصدر قد يكون النفط المكرر من الزيت الخام أو الإيثانول المستخرج من خلال زراعة وتجهيز نبات الذرة.

فمصادر الطاقة المتجددة وغير المتجددة يمكن استخدامها كمصادر أولية لإنتاج الطاقة مثل إنتاج الطاقة الحرارية أو استخدامها لإنتاج الطاقة الثانوية مثل الكهرباء.

فعندما يستخدم الإنسان وقودا للسيارات فقد يكون ناتجا من تكرير النفط الخام (طاقة غير المتجددة) أو من الوقود الحيوي (طاقة متجددة) مثل الإيثانول.

الطاقة المتجددة	الطاقة غير المتجددة
الطاقة الشمسية	المنتجات النفطية
طاقة الرياح	سوائل الغاز الهيدروكربونية
طاقة الكتلة الحيوية	الغاز الطبيعي
الطاقة الحرارية الأرضية	الطاقة النووية

وتعتبر الطاقة المبذولة بالحيوانات من أوائل الطاقات التي استغلها الإنسان في فجر الحضارة عندما استخدم الحيوانات الأليفة في أعماله ثم شرع واستغل قوة الرياح في تسيير قواربه لآفاق بعيدة وكذلك مع نمو حضارته استخدمها في إدارة طواحين الهواء. واستغل طاقة حركة المياه في إدارة السواقي وعجلات ماكينات الطحن ومناشير الخشب ومضخات رفع الماء من الآبار وغيرها وهذا ما عرف بالطاقة الميكانيكية.

وقوة الحيوانات نجدها مستمدة من الطاقة الكيميائية الموجودة في الطعام بعد هضمه. والطاقة الكيميائية نجدها في الخشب الذي كان يستعمل منذ القدم في الطبخ والدفء. وفي بداية الثورة الصناعية استخدمت القوة المائية كطاقة تشغيلية من خلال حركية نظم سيور وبكر وتروس لإدارة العديد من الماكينات.

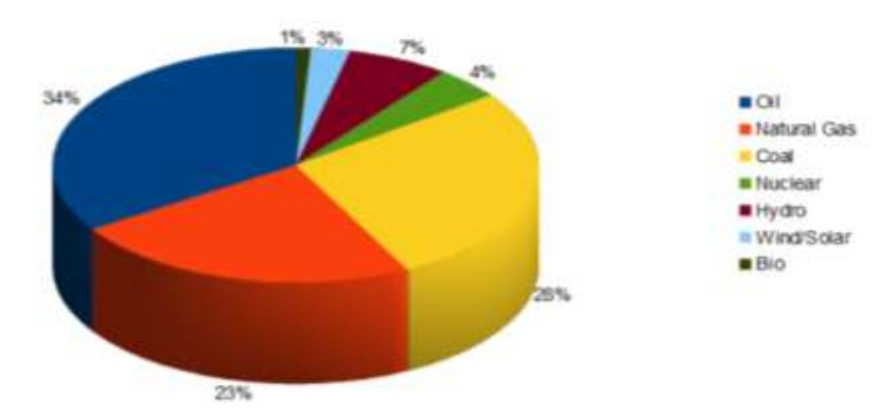
ونجد الطاقة الحرارية في الآلات البخارية التي تحول الطاقة الكيميائية لوقود تحوله لطاقة ميكانيكية. فالآلة البخارية يطلق عليها آلة احتراق خارجي لأن الوقود يحرق بالخارج لتوليد البخار الذي يدير الآلات من الداخل. لكن في القرن التاسع عشر اخترعت آلة الاحتراق الداخلي مستخدمة وقودا يحترق داخل الآلة حسب نظام غرف الاحتراق الداخلي المباشر بها لتصبح مصدرا للطاقة الميكانيكية التي استغلت في عدة أغراض كتسيير السفن والعربات والقطارات.

وكذلك ظهر مصدر آخر للطاقة وهي الطاقة الكهربائية المتولدة من الدينامو (المولد). وأصبحت هذه المولدات تحول الطاقة الميكانيكية لطاقة كهربائية التي أمكن نقلها إلى أماكن بعيدة عبر الأسلاك. مما جعلها تنتشر، حتى أصبحت طاقة العصر الحديث ولاسيما وأنها متعددة الأغراض بعدما أمكن تحويلها لضوء وحرارة وطاقة ميكانيكية بتشغيلها محركات الآلات والأجهزة الكهربائية.

ثم ظهرت الطاقة النووية التي استخدمت في المفاعلات الذرية حيث يجري الانشطار النووي الذي يولد حرارة هائلة تولد البخار الذي يدير المولدات الكهربائية التي تمدنا بالكهرباء أو يدير المحركات التي تسير السفن والغواصات. لكن مشكلة هذه المفاعلات النووية في نفاياتها المشعة واحتمال حدوث تسرب إشعاعي كما حدث في مفاعل تشيرنوبيل بأوكرانيا أو انفجار المفاعل كما حدث في مفاعل فوكوشيما باليابان.

والطاقة الغير متجددة نحصل عليها من باطن الأرض كسائل كما في النفط أو غاز كما في الغاز الطبيعي أو مادة صلبة كما في الفحم الحجري. وهي غير متجددة لأنه لا يمكن صنعها ثانية أو استعواضها مجددا في زمن قصير وذلك عكس الطاقة المتجددة فيمكن استعواضها في زمن قصير، ومصادر الطاقة المتجددة نجدها في طاقة الكتلة الحيوية التي تستمد من مادة عضوية كإحراق النباتات وعظام الحيوانات وروث البهائم والمخلفات الزراعية. فعندما نستخدم الخشب أو أغصان الأشجار أو روث البهائم في اشتعال الدفايات أو الأفران، فهذا معناه أننا نستعمل وقود الكتلة الحيوية التي تستغل كمادة عضوية من النباتات ونفايات الزراعة أو الخشب أو مخلفات الحيوانات. وتستغل الطاقة الحرارية الأرضية لتوليد الكهرباء أو الحصول على طاقة حرارية. وحاليا نصف الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية تأتي من قوة دفع المياه التي تدير التوربينات، والتي تسيّر المحركات لتوليد الكهرباء وكذلك استخدمت هذه الطاقة المائية في توليد الكهرباء في مصر من السد العالي بأسوان. واستعملت طاقة الرياح لتدير ألواح كبيرة تدور بالهواء فوق الأبراج بحركة مروحية ومثبت بها مولدات كهرباء وهي المولدات الكهربائية باستخدام الرياح. وكانت قوة الرياح تستغل في إدارة طواحين الهواء ومضخات رفع المياه كما هو تم اتباعه في هولندا عندما نزح الهولنديون مساحات مائية من البحر لتوسيع الرقعة الزراعية عندهم. ويذكر أن سبب عدم انتشارها في العالم هو أصواتها المزعجة وقتلها للطيور التي ترتطم بشفراتها السريعة وأيضا السبب الرئيسي هوعدم توفر الرياح في معظم المناطق بشكل مناسب. و في خلايا الطاقة التي هي خلايا وقود الهيدروجين تنتج الكهرباء من خلال تفاعل كهربائي كيميائي باستخدام الهيدروجين والأكسجين.

والشكل (١-١) يوضح نسب استهلاك الطاقة **وشكل (١-٢)** يمثل خريطة استهلاك الطاقة في العالم بالنسبة للفرد.



شكل (١-١) نسب استهلاك أنواع مصادر الطاقة في العالم – ٢٠١٧

والنفط الخام والغاز الطبيعي والفحم يطلق عليهم الوقود الأحفوري لأن كل منهم تكون عبر ملايين السنين بفعل الحرارة الناتجة من باطن الأرض والضغط الناتج من الصخور والتربة على بقايا الحيوانات أو من النباتات الميتة والكائنات الدقيقة المجهرية. كما أن معظم المنتجات البترولية المستهلكة من النفط الخام مثل السوائل البترولية يمكن أيضا أن تكون مستخلصة من الغاز الطبيعي أو الفحم.

والجزء الأكبر من الطاقات المستهلكة بواسطة الإنسان يأتي من مصادر الطاقة غير المتجددة .وإمدادات المصادر غير المتجددة محدودة كالبترول وسينضب بعد عدة قرون. أما مصادر الطاقة المتجددة فهي تتجدد طبيعيا بانتظام يوما بعد يوم. فتشرق الشمس، وتهب الرياح، وتتدفق الأنهار ومنها يتم استخدام مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء أو لتوليد الحرارة، أو كوقود لوسائل النقل. وتعتبر كل من الكهرباء والهيدروجين من المصادر الثانوية للطاقة التي يتم تخزينها ونقلها.

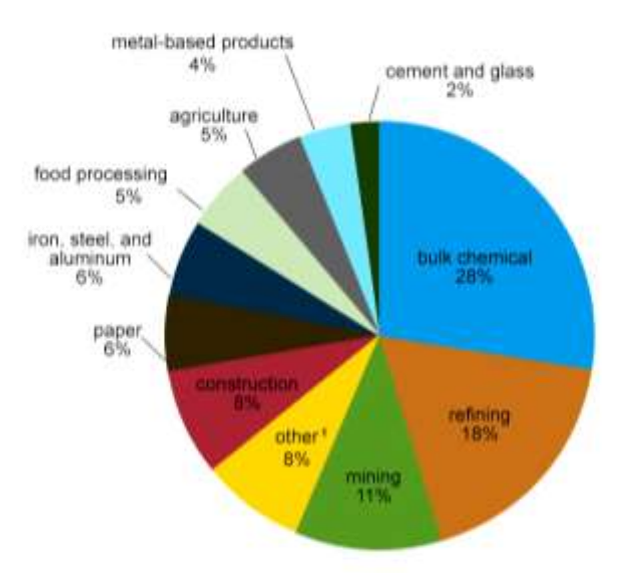
١-٤ تحولات الطاقة:

طبقا لما ذكره العلماء أن الحفاظ على الطاقة لا يعني توفير الطاقة ولكن بدلا من ذلك نقول قانون حفظ الطاقة أي أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم . وعندما يستخدم الإنسان الطاقة، فإنها لا تختفي بل تتحول الطاقة من شكل معين إلى شكل آخر. مثلما يحدث في محرك السيارة فعند احتراق البنزين تتحول الطاقة الكيميائية المتمثلة في الوقود (البنزين) إلى طاقة ميكانيكية. مثال آخر في الخلايا الضوئية الشمسية تتحول الطاقة الإشعاعية إلى طاقة كهربائية. وفي العموم فإن الطاقات تتغير من صورة إلى أخرى لكن المجموع الإجمالي للطاقة في الكون يظل على حاله.

فعند سقوط جسم من أعلي تقل طاقته الكامنة، بينما تزيد طاقته الحركية. ولكن يظل مجموع الطاقتين ثابتاً أثناء السقوط وهو الطاقة الميكانيكية. ويعبّر العلماء عن ذلك بقانون ينص على أنّ الطاقة تظلّ محفوظة. ولا ينطبق قانون بقاء الطاقة على حالة الصندوق الساقط فقط، ولكنه ينطبق على حالة الكون كلّه. وينص هذا القانون على أن الطاقة الكلية للكون ذات قيمة ثابتة دائمًا. ويُمكن أن يُعدّ البندول مثالاً لكيفية تحوُّل الطاقة من صورة إلى أخرى بينما تظلّ الطاقة الكلية ثابتة. فعندما يصل البندول إلى نهاية اهتزازاته تكون له طاقة حركية فقط .

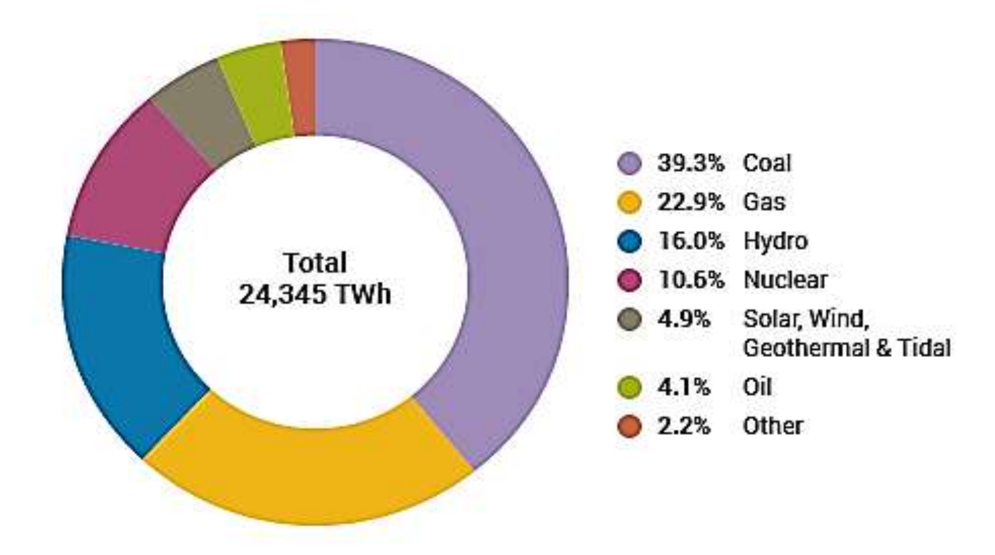
وتتحوّل هذه الطاقة إلى طاقة كامنة عندما يصل البندول مرة أخرى إلى أعلى نقطة في اهتزازاته. وسوف يستمر البندول في الاهتزاز طالما لا يوجد هناك احتكاك أو مقاومة من الهواء أو جاذبية أرضية. ولكن الطاقة التي تستخدم في التغلب على مثل هذا الاحتكاك لا تُفقد، وإنما تتحول إلى حرارة، ونحن نعلم الآن أن المادة والطاقة ترتبطان ارتباطاً وثيقاً. ولذا فإن قانون بقاء الطاقة يشمل المادة أيضاً. فالطاقة لا تفنى ولا تأتي من العدم، ولكنها تنشأ من المادة وتتحوّل إليها. فهي مثلاً قد تتحول إلى مادة في معجّلات الجسيمات عند ظهور جُسيمات جديدة أثناء تصادم الجسيمات المعجَّلة عند سرعات فائقة. وتستخدم الطاقة الكهربية في حياتنا اليومية في المنازل والمنشئات وكذلك المصانع، و**شكل (١-٢)** يوضح نسب استهلاك الصناعات المختلفة للطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية.

شكل (١-٢) نسب استهلاك الصناعات من الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية



والطاقة الحرارية التي نشعر بها قادمة من النار تصلنا في صورة إشعاع. والأجسام القريبة من النار تسخُن بواسطة الأشعة تحت الحمراء، وهي إحدى أشكال الأشعة الكهرومغناطيسية. وهذه الأجسام تكتسب الطاقة في صورة حرارة. والضوء أيضاً موجات كهرومغناطيسية، ولهذا فهو أحد أشكال الطاقة. ففي البطارية تستخدم الطاقة الكيميائية للحصول على الطاقة الكهربية وباستخدام التوربين نحول الطاقة الحركية لكهربية نظرا لشيوع استخدام الطاقة الكهربية. ويوضح **شكل (١-٢)** نسب الإنتاج العالمي من الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المختلفة.


شكل (١-٣) إنتاج العالم من الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المختلفة



١-٥ استخدامات الطاقة:

هناك مجموعة متنوعة من مصادر الطاقة المختلفة والمستخدمة في القطاع الصناعي .فمصادر الطاقة يمكن استخدامها كوقود للغلايات المستخدمة في توليد البخار أو الماء الساخن. ويمكن أيضا استخدام مصادر الطاقة في عمليات التسخين لرفع درجة حرارة المنتجات في عمليات التصنيع كما تستخدم كمواد أولية في صناعة المنتجات.

ويستخدم الإنسان الطاقة كل يوم في النقل والمواصلات والطبخ والتدفئة أو التبريد والتصنيع، والإضاءة، والترفيه، والعديد من الاستخدامات الأخرى .وتعتبر خيارات الناس هي حول كيفية تشغيل آلات وتحويل الطاقة في أوقات عدم الاستخدام أو خيارات شراء السيارات ذوات الكفاءة في استهلاك الوقود وكذلك الأجهزة الموفرة للطاقة والتي ليس لها تأثيرات سلبية علي البيئة أو علي حياة الإنسان. وفي قطاع الصناعة المصدر الرئيسي للطاقة هو الغاز الطبيعي والكهرباء. والعديد من الشركات المصنعة تستخدم مصادر أخرى للطاقة الحرارية أو مولدات الطاقة الكهربية مثل استخدام البخار والتخمر في صناعة الورق والنفايات الزراعية وخشب الأشجار.

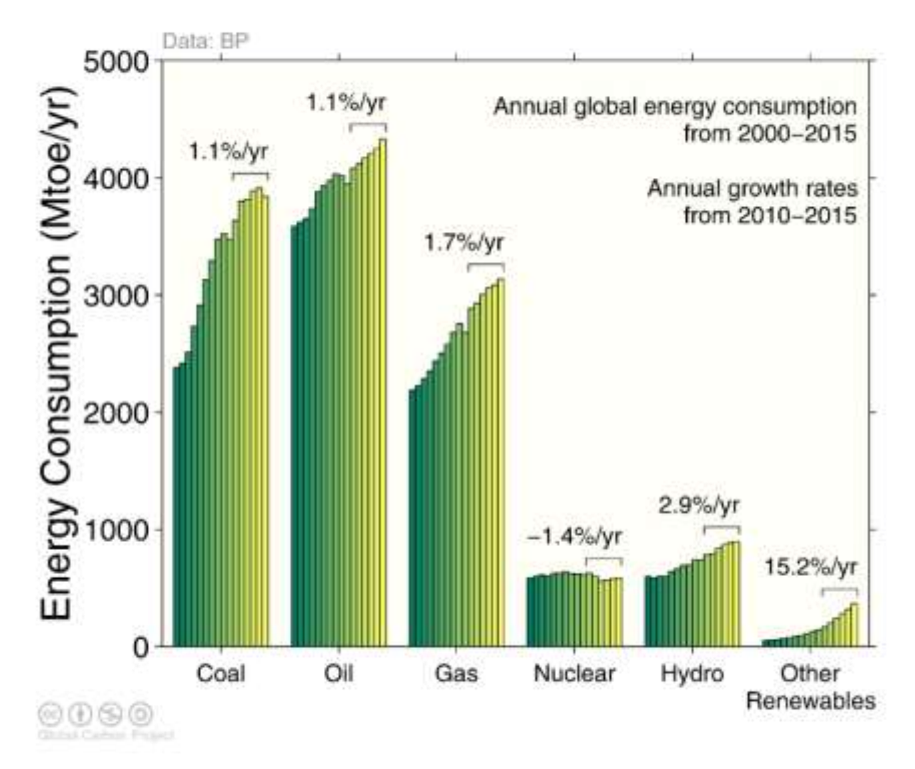
وكل نوع من الصناعة يتطلب نوع معين من الطاقة. ولكن هناك عدد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة والتي تستهلك معظم الطاقة التي يحتاجها القطاع الصناعي. فصناعة تكرير البترول هي أكبر مستهلك صناعي للطاقة، تليها الصناعات الكيميائية والصناعات الورقية والصناعات المعدنية. والعديد من مصادر الطاقة مثل الفحم والنفط تستخدم في التصنيع. وعندما يتم استخدام المواد الخام في عملية التصنيع فإنه يطلق عليها المواد الأولية.

وتستخدم أنواع مختلفة من مصادر الطاقة (الوقود) في النقل والمواصلات مثل المنتجات النفطية وهي مشتقات النفط الخام والسوائل النفطية التي تنتج عند معالجة الغاز الطبيعي بما في ذلك البنزين ووقود الديزل ووقود الطائرات والبروبان وكذلك يستخدم الوقود الحيوي الإيثانول والديزل الحيوي أو الغاز الطبيعي وأخيرا يستخدم في المواصلات وقود الهيدروجين أو الكهرباء.

ويمكن تقسيم مصادر الطاقة المستخدمة في النقل كالتالي:

- يستخدم الجازولين في السيارات والدراجات النارية والشاحنات الخفيفة والقوارب.
- كما يستخدم الجازولين في العديد من أنواع الطائرات.
- يستخدم وقود الديزل (الوقود التقطيري) أساسا في تشغيل الشاحنات والحافلات والقطارات وفي القوارب والسفن.
- يستخدم الكيروسين في الطائرات النفاثة وبعض أنواع من المروحيات.
- يستخدم زيت الوقود المترسب من عمليات التقطير في السفن.
- الوقود الحيوي يضاف إلى الجازولين أو إلى وقود الديزل.
- يستخدم الغاز الطبيعي كغاز مسال مضغوط. كما هو الحال في السيارات والحافلات والشاحنات ومعظم المركبات التي تستخدم الغاز الطبيعي هي في أساطيل الحكومة وسيارات الأجرة وسيارات النقل العام والسيارات الملاكي.
- يستخدم البروبان (سائل الغاز الهيدروكربوني) في السيارات والحافلات والشاحنات.
- تستخدم الكهرباء لتشغيل أنظمة النقل الجماعي العامة (مترو الأنفاق والقطارات الحديثة) وكذلك لتشغيل السيارات الكهربائية.

وكمية الطاقة التي نستخدمها في منازلنا تعتمد أساسا على المناخ الذي نعيش فيه وكذلك الأجهزة المستهلكة للطاقة مثل التلفزيونات وأجهزة الكمبيوتر والثلاجات والميكروويف والغسالات ومصابيح الإضاءة وغيرها من الأجهزة الكهربائية المنزلية .بالإضافة إلى ذلك فإن السوق الإلكترونية المنزلية تتطور باستمرار. والأجهزة الإلكترونية القابلة لإعادة الشحن أصبحت أكثر فأكثر جزءا لا يتجزأ من أسلوب حياتنا العصرية .ونتيجة لهذه التغييرات فإن الأجهزة الكهربائية والإلكترونية تشكل ما يقرب من ثلث إجمالي الطاقة المستخدمة في المنازل. يعتبر الغاز الطبيعي والكهرباء هما مصدري الطاقة الأكثر استهلاكا في المنازل يليها الزيت الحراري والبروبان . ويستخدم الغاز الطبيعي والزيت الحراري أو زيت الوقود (المازوت) بشكل رئيسي في التسخين المنزلي أو الصناعي في بعض الدول. أو استخدام الفحم أو الأخشاب في بعض المناطق. ومن أكبر حصص الطاقة الكهربية المستخدمة في المنازل هي للتدفئة أو التبريد والإضاءة ولتشغيل جميع الأجهزة الكهربية المنزلية. و**شكل (١-٤)** يوضح نمو الاستهلاك العالمي من المصادر المختلفة للطاقة بالسنة.



شكل (١-٤) استهلاك العالم من مصادر الطاقة بالسنة من ٢٠٠٠ – ٢٠١٥

١- ٦ كفاءة الطاقة:

كفاءة الطاقة هي كمية الطاقة المستفادة التي يتم الحصول عليها من نظام ما. فالآلة ذات الكفاءة ١٠٠ % من شأنها تحويل كل الطاقة التي يتم وضعها فيها إلى عمل أو طاقة مفيدة. ولكن لا توجد هذه الآلة عمليا. فكل تحولات الطاقة إلى أشكال أخرى يتبعها دائما تحول جزء من الطاقة إلى شكل غير مفيد أو بما يسمى الطاقة المفقودة أو المهدرة.

ولذلك فمعظم التحولات في الطاقة ليست كفؤا تماما. على سبيل المثال بالنظر إلى جسم الإنسان كنظام جيد أو آلة يتم تحويل الطاقة فيها. فالوقود المستخدم هو الطعام والذي يعطي للشخص الطاقة للتحرك، والتنفس، والتفكير. ومع ذلك، فإن جسم الإنسان ليس ذو كفاءة كبيرة في تحويل الغذاء إلي عمل مفيد . حيث أن كفاءة جسم الإنسان أقل من ٥٪ في معظم الأحيان يتم تحويل ما تبقى من الطاقة الى طاقة حرارية، والتي قد تكون مفيدة أحيانا أو غير مفيدة في أحيان أخرى طبقا لحالة الجسم.

شروط الكفاءة في استخدام الطاقة والحفاظ على الطاقة لها معان مختلفة:

١- كفاءة الطاقة تستخدم التكنولوجيا التي تتطلب طاقة أقل لأداء نفس الوظيفة مثل استخدام المصابيح الإلكترونية الأعلى توفيرا للطاقة لإنتاج نفس كمية الضوء بدلا من مصابيح الفلورسنت أو مصابيح التنجستن المتوهجة.

٢- الحفاظ على الطاقة هو أي سلوك ينتج عنه استخدام كميات أقل من الطاقة مثل إطفاء أنوار الغرف المضيئة عند مغادرتها أو إعادة تدوير علب الألومنيوم على حد سواء هي أحد سبل الحفاظ على الطاقة.

١-٧ أهمية المصادر المتجددة للطاقة:

ترجع أهمية استخدام المصادر المتجددة للطاقة (الشمس – الرياح – حركة المياه – المصادر الحيوية – الحرارة الأرضية الجوفية) بدلا من المصادر غير المتجددة (الفحم – البترول – الغاز الطبيعي– السوائل الهيدروكربونية – الطاقة النووية) لثلاثة أسباب رئيسية:

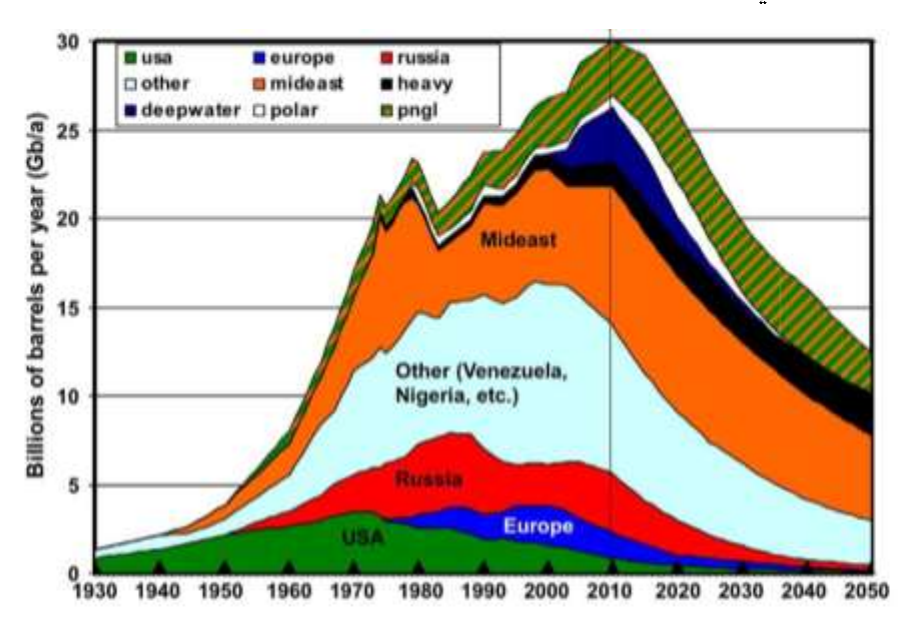
١- الحفاظ على البيئة (الهواء – الماء – التربة) من التلوث وكذلك تقليل التغيرات المناخية الحادة والحد من زيادة درجة حرارة الأرض والاحتباس الحراري.

٢- استخدام زيت البترول في الصناعات الكيميائية والحصول على المركبات الكيميائية والدوائية الهامة للبشرية بدلا من حرقه لإنتاج لانتاج الطاقة الكهربية أو في تشغيل وسائل النقل والمواصلات.

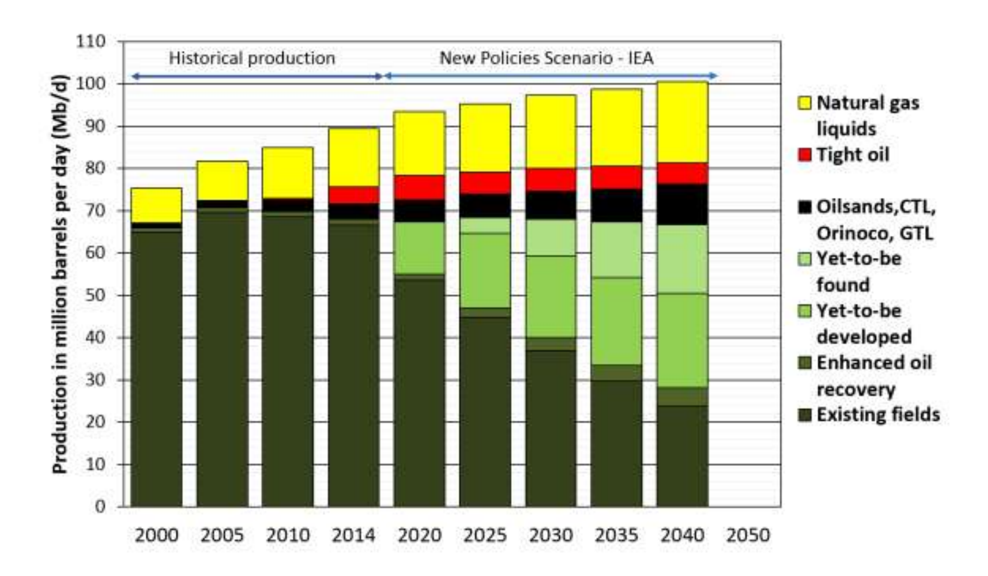
٣- توقع نضوب مصادر الطاقة غير المتجددة في العقود القادمة نظرا لتسارع استهلاك هذه المصادر.

ويوضح **شكل (١-٦)** توقع بداية نقص البترول ونضوبه خلال العقود القادمة و**شكل (١-٧)** يوضح المتوقع من الانتاج اليومي من النفط والغاز حتى ٢٠٥٠.

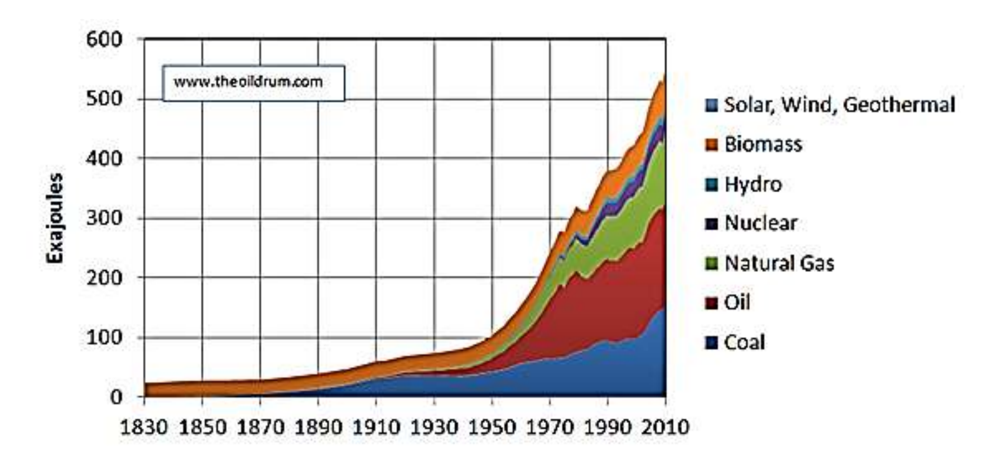
وشكل (١-٨) يبين الاستهلاك العالمي للطاقة من المصادر المختلفة من ١٨٣٠ حتى ٢٠١٠ ويوضح **شكل (١-٩)** تغير أسعار في الفترة من ١٩٩٧ حتى ٢٠١٤ . وحتى نحافظ على بيئة مناسبة لحياة الكائنات الحية والإنسان كما خلقها الله سبحانه وتعالى لابد أن يتجه العالم بأسره للتحول من استخدام مصادر الطاقة الغير متجددة إلى استخدام المصادر المتجددة كالشمس أو طاقة المياه وكذلك استخدام وسائل المواصلات التي تعمل بالطاقة الكهربية.



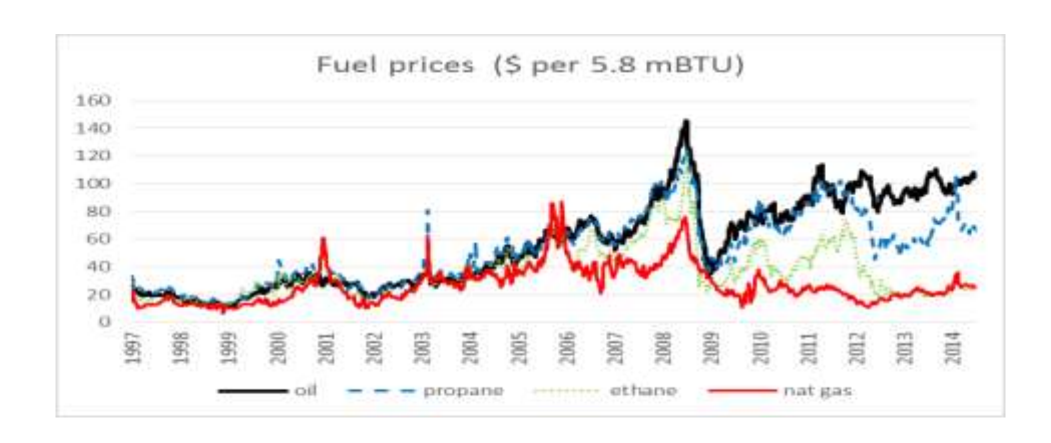
شكل (١-٦) المنتج والمتوقع من انتاج النفط من ١٩٥٠ – ٢٠٥٠



شكل (١-٧) الإنتاج اليومي من النفط والغاز ٢٠٠٠ – ٢٠٥٠



شكل (١-٨) استهلاك العالم من مصادر الطاقة من ١٨٣٠-٢٠١٠

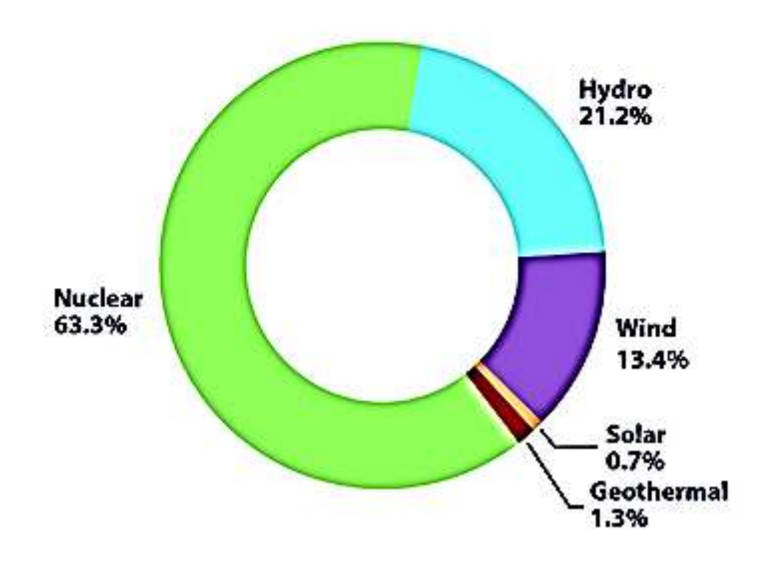


شكل (١-٩) متوسط اسعار الوقود ١٩٩٧ – ٢٠١٤

١-٨ الطاقة والبيئة والمناخ:

العديد من المركبات الكيميائية الناتجة عند حرق المصادر الأحفورية والمنطلقة إلى الغلاف الجوي للأرض تمثل الغازات المسببة للاحتباس الحراري. فعندما تضرب أشعة الشمس سطح الأرض، معظمها يرتد مرة أخرى الى الغلاف الجوي في صورة أشعة تحت الحمراء (حرارة). وغازات الاحتباس الحراري تمتص هذه الأشعة تحت الحمراء وبالتالي تمنع الحرارة من الذهاب خارج الغلاف الجوي، فتتكون ظاهرة الاحتباس الحراري التي تؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض وظاهرة الاحترار العالمي وتغير المناخ.

و**شكل** (١٠-١) يعرض نسب انتاج الكهرباء من المصادر التي لا تعطي غاز ثاني أكسيد الكربون .



شكل (١٠-١) نسب انتاج الكهرباء من المصادر التي لا تعطي غاز CO_2

وبخار الماء وهو من الغازات الدفيئة الأكثر وفرة ولكن يعتقد معظم العلماء أن بخار الماء الناتج مباشرة عن النشاط البشري يساهم في قليل جدا من نسبة بخار الماء في الغلاف الجوي .ولذلك، فإن هيئة إدارة معلومات الطاقة الأمريكية لا تعطيها أية تأثير. لكن أبحاث وكالة ناسا تشير إلى وجود تأثير طبيعي أقوى من الآثار البشرية غير المباشرة على تركيزات بخار الماء.

أما الأوزون هو أحد الغازات الدفيئة من الناحية الفنية لتأثيره على درجات الحرارة الكلية للأرض في طبقة مرتفعة في الغلاف الجوي وهي طبقة الستراتوسفير حيث يتكون الأوزون بشكل طبيعي. وكتل غاز الأوزون تمنع الأشعة فوق البنفسجية القادمة في ضوء الشمس من الوصول إلى سطح الأرض، والتي تضر الحياة النباتية والحيوانية .وقد وافقت اتفاقية باريس للمناخ في ديسمبر ٢٠١٥ أنه من الضروري أن نمتنع أو نتحكم في إنتاج واستخدام العديد من الغازات الصناعية التي تدمر طبقة الأوزون في الغلاف الجوي وخلق ثقب في طبقة الأوزون في الارتفاعات المنخفضة من الغلاف الجوي وهي طبقة التروبوسفير، وغاز الأوزون في حد ذاته هو غاز ضار بصحة الإنسان إذا وجد بمناطق قريبة من سطح الأرض. وبعض البلدان كالولايات المتحدة لديها لوائح للحد من تكون غاز الأوزون بالقرب من مستوى سطح الأرض.

وطبقا لدراسات المناخ زادت انبعاثات غازات الاحتباس الحراري إلى حد كبير بعد بدء ثورة التصنيع على نطاق واسع في منتصف القرن السابع عشر. ففي خلال السنوات العشرين الماضية نحو ثلاثة أرباع الانبعاثات الناجمة كانت عن طريق الأنشطة البشرية من حرق الوقود الأحفوري .وتركيزات ثاني أكسيد الكربون CO_2في الغلاف الجوي التي تنتظم بشكل طبيعي من قبل العديد من العمليات الكيميائية التي هي جزء من دورة الكربون العالمية.

ويهيمن على تدفق أو حركة الكربون بين الغلاف الجوي وتربة الأرض والمحيطات العمليات الطبيعية مثل التمثيل الضوئي للنبات .وعلى الرغم من أن هذه العمليات الطبيعية يمكن امتصاص بعض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تنتج كل عام من النشاط البشري. لكن قد تجاوزت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الحد الأقصى لقدرة هذه العمليات على امتصاصها.

وقد أدى هذا الخلل بين انبعاثات الغازات الدفيئة وقدرة العمليات الطبيعية على امتصاص تلك الانبعاثات في زيادة مستمرة في تركيزات الغازات المسببة للاحتباس الحراري .وقد زاد تركيز CO_2 في الغلاف الجوي بنحو ٤٠٪ منذ منتصف القرن السابع عشر.

والعلماء يعرفون على وجه اليقين أن زيادة تركيزات الغازات الدفيئة تميل إلى تسخين كوكب الأرض. وطبقا للنماذج القائمة على الكمبيوتر فإن زيادة تركيز الغازات المسببة للاحتباس الحراري تنتج زيادة في متوسط درجة حرارة سطح الأرض على مر الزمن .وارتفاع درجات الحرارة قد يؤدي إلى تغييرات في أنماط هطول الأمطار، وشدة العواصف، وحدوث الأعاصير، وارتفاع مستويات مياه البحار بشكل جماعي، ويشار إلى هذه التغييرات عادة باسم تغير المناخ. والتقييم من قبل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ **(IPCC)** تشير إلى أن مناخ الأرض قد زادت درجة حرارته بمقدار واحد درجة سليزيوس من **1880** إلى ٢٠١٦ وأن النشاط البشري يعتبر عاملا هاما في ظهور هذه الظاهرة. ويشير تقرير التقييم الخامس لفريق **IPCC** أنه تم الكشف عن التأثير البشري في ارتفاع حرارة الغلاف الجوي والمحيطات، وتغيرات في دورة المياه العالمية، و انخفاضات في الثلج والجليد، و ارتفاع مستوى سطح البحر، و تغييرات متطرفة في بعض الظواهر المناخية المؤثرة.

ومن المحتمل جدا أن التأثير البشري يكون هو السبب الرئيسي لظاهرة الاحتباس الحراري الملاحظ منذ منتصف القرن العشرين. ويشير التقرير في وقت لاحق أنه من المرجح للغاية أن أكثر من نصف الزيادة الملحوظة في متوسط درجة الحرارة السطحية العالمية ١٩٥١-٢٠١٠ كان سببها زيادة الغازات الدفيئة البشرية المنشأ. ويذكر التقرير أيضا أن تركيزات غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكاسيد النيتروجين تتجاوز بكثير أعلى التركيزات المسجلة في العينات الجليدية خلال العصور الماضية.

وفي عام ٢٠١٤ ظهر أن ٤٢٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 ذات الصلة بالطاقة في الولايات المتحدة جاءت من استخدام الوقود النفطي، كما جاء ٣٢٪ من الفحم، وحوالي ٢٧٪ من الغاز الطبيعي .وعلى الرغم من أن القطاع الصناعي هو أكبر مستهلك للطاقة (بما في ذلك الاستخدام المباشر للوقود والكهرباء)، فقطاع النقل تنبعث منه المزيد من CO_2 بسبب الاعتماد شبه الكامل على الوقود النفطي. أما القطاع السكني والقطاع التجاري لديهم مستويات انبعاث أقل من قطاع النقل والقطاع الصناعي. فمعظم انبعاثات CO_2 للقطاع السكني والقطاع التجاري هي من احتراق الوقود الأحفوري لإنتاج الكهرباء.

١-٩ إعادة التدوير والطاقة:

إعادة التدوير هي عملية جمع وتجهيز المواد التي من القمامة وتحويلها إلى منتجات جديدة .وفي كثير من الأحيان يكون في إعادة التدوير توفيرا للطاقة والموارد الطبيعية البرية والنباتات والمعادن والماء، وعندما نستخدم المواد أكثر من مرة فنحن نحافظ على الموارد الطبيعية. ومن المعروف أن صنع منتج من مواد معاد تدويرها يتطلب طاقة أقل في المنتج من المواد الجديدة .وعلى سبيل المثال فإن استخدام علب الألمنيوم المعاد تدويرها يستخدم **95**٪ أقل من الطاقة من استخدام خام البوكسيت. كما أن إعادة تدوير الورق يوفر الأشجار والمياه .فلكل طن واحد من الورق المصنوع المعاد تدويره، يوفر ما يصل إلى **17** شجرة ويستخدم **50**٪ أقل من المياه .

١-١٠ تخزين الطاقة:

توجد مواد لتخزين نوع معين من الطاقة بحيث يمكن استغلال الطاقة المخزونة في وقت لاحق عند الاحتياج لها لأداء شغل . من أمثلة تخزين الطاقة كما في الساعة ذات الزنبرك التي تخزن طاقة عملها في الزنبرك الذي يُشد ويعمل آليا، وتخزن البطارية الطاقة في صورة طاقة كيميائية وتتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية تشغل الحاسوب وتشغل ساعة الحاسوب حتى في وقت عدم تشغيل الحاسوب . وتخزن المحطات الكهرومائية الماء في الخزانات في صورة طاقة وضع ناجمة عن الجاذبية الأرضية. ويعتبر الوقود الأحفوري مثل الفحم و النفط مخزنا للطاقة الشمسية، وحتى المأكولات التي نتناولها وما تحويه من كربوهيدرات و سكر و بروتين و دهنيات هي مخزونات طاقة في صورة كيميائية اختزنت من أصل تكوينها وهي أشعة الشمس أي الطاقة الشمسية.

ويعتبر تخزين الطاقة عملية طبيعية وقديمة منذ أن خلق الله سبحانه وتعالى الكون. وقد اختزنت الطاقة في النجوم حيث أن الشمس هي إحدى هذه النجوم. وتستخدم تلك الطاقة مباشرة في التسخين بأشعة الشمس أو بطريقة غير مباشرة عن طريق زرع الأشجار والمحاصيل في البيوت الشمسية وتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية ويسمح تخزين الطاقة باستغلالها وقت الحاجة إليها.

وفي العصور الوسطي استغلت الطاقة المخزونة في المياه في تشغيل السواقي المائية لتحريك طواحين الغلال أو لتدوير آلات بسيطة آخرى. وأنشأت أنظمة من مخازن المياه والسدود لتخزين الماء والاستفادة من طاقة الوضع المخزونة فيها بتسريبها من مكان عال عند الاحتياج إليها. ونجد أنه لا يمكن تخزين الطاقة الكهربائية مباشرة حيث أن التيار الكهربائي عبارة عن حركة الإلكترونات. ولذلك فلا بد دائما من تحويل الطاقة الكهربائية إلى نوع آخر من الطاقة ثم استعادتها في صورة طاقة كهربية عند الحاجة إليها. وتتم أي عملية لتحويل الطاقة من صورة لأخرى دائما بحدوث فقد جزء منها قد يكون فقدا كبيرا أو صغيرا.

١-١١ المصادر البديلة للطاقة:

المصدر البديل للطاقة هو أي مصدر للطاقة بديل للوقود الأحفوري سواء كانت مصادر متجددة أو غير متجددة. وهذه البدائل تهدف لمعالجة المشاكل المتعلقة بالوقود الأحفوري. بمرور الوقت تغيرت طبيعة مصادر الطاقة البديلة وأثارت الجدل حول استخدام الطاقة. واليوم بسبب تنوع اختيارات الطاقة والأهداف المختلفة للمدافعين عنها فإن تعريف بعض أنواع الطاقة بالبديلة يثير الكثير من الجدل . بالمعنى العام الطاقة البديلة كما هي متصورة حالياً هي تلك التي تنتج أو تستعاد دون عواقب غير مرغوب فيها والملازمة لاستخدام الوقود الأحفوري خاصة الانبعاثات المرتفعة لثاني أكسيد الكربون الذي هو عامل هام في ظاهرة الاحترار العالمي .

والأنواع الشائعة للمصادر البديلة للطاقة هي:

- الطاقة الشمسية وهي التي تستخدم ضوء الشمس ويمكن أن يتحول الضوء إلى طاقة حرارية وطاقة كهربائية.
- طاقة الرياح هي توليد الكهرباء من الرياح.
- الطاقة الحرارية الأرضية تستخدم الطاقة الجوفية للأرض لتسخين المياه لتدفئة المباني أو توليد الكهرباء.
- الوقود الحيوي أو الإيثانول هو جازولين مشتق من النباتات يستخدم في تشغيل المركبات.
- الطاقة النووية تستخدم التفاعلات النوية لإطلاق الطاقة
- الهيدروجين يحرق ويستخدم كوقود نظيف لسفن الفضاء وبعض السيارات.

١-١٢ الكهرباء:

الكهرباء مصطلح عام يشمل مجموعة متنوعة من الظواهر الناتجة عن وجود شحنة كهربية وتدفقها. وتضم هذه الظواهر البرق والكهرباء الساكنة. ولكنها تحتوي على مفاهيم أقل شيوعًا مثل المجال الكهرومغناطيسي والحث الكهرومغناطيسي. ويعمد أصل المرادف الأجنبي لكلمة كهرباء إلى الكلمة اللاتينية الجديدة التي تعني شبيه الكهرمان وهذه بدورها مأخوذة من الكلمة اليونانية إلكترون وتعني الكهرمان.

أما في الاستخدام العام، فمن المناسب استخدام كلمة «كهرباء» للإشارة إلى عدد من التأثيرات الفيزيائية. ولكن في الاستخدام العلمي، يعد المصطلح غامضًا. كما أن هذه المفاهيم المتعلقة به من المفضل أن يتم تعريفها وفقًا لمصطلحات أكثر دقة كما في تعريف الشحنة الكهربية أنها عبارة عن خاصية لبعض الجسيمات دون الذرية تحدد التفاعلات الكهرومغناطيسية الخاصة بها.

فالمادة المشحونة كهربيًا تتأثر بالمجالات الكهرومغناطيسية وتنتجها. والتيار الكهربي عبارة عن تحرك أو تدفق الجسيمات المشحونة كهربيًا، ويُقاس عادةً بالأمبير. والمجال الكهربي عبارة عن تأثير تنتجه شحنة كهربية في غيرها من الشحنات الموجودة بالقرب منها. والجهد الكهربي هو قدرة المجال الكهربي على الشغل، ويُقاس عادةً بوحدة الفولت. الكهرومغناطيسية عبارة عن التفاعل الأساسي الذي يحدث بين المجال المغناطيسي ووجود الشحنة الكهربية وحركتها.

ولقد خضعت الظواهر الكهربية للدراسة منذ القدم، إلا أن علم الكهرباء لم يشهد أي تقدم حتى القرنين السابع عشر والثامن عشر. وعلى الرغم من ذلك، فقد ظلت التطبيقات العملية المتعلقة بالكهرباء قليلة العدد، ولم يتمكن المهندسون من تطبيق علم الكهرباء في الحقل الصناعي والاستخدامات السكنية إلا في أواخر القرن التاسع عشر. وقد أدى التقدم السريع في تكنولوجيا الكهرباء في ذلك الوقت إلى إحداث تغييرات في المجال الصناعي وفي المجتمع أيضًا. كما أن الاستعمالات المتعددة والمذهلة للكهرباء كمصدر من مصادر الطاقة أظهر إمكانية استخدامها في عدد لانهائي من التطبيقات مثل المواصلات والتدفئة والإضاءة والاتصالات والحساب فأساس المجتمع الصناعي الحديث يعتمد على استخدام الطاقة الكهربية، ويمكننا التكهن بأن الاعتماد على الطاقة سيستمر في المستقبل.

١-١٢-١ تاريخ الكهرباء:

قبل معرفة الكهرباء بفترة طويلة، كان الناس على دراية بالصدمات التي يحدثها سمك الرعاش، وقد أشارت النصوص التي تركها قدماء المصريين والتي يرجع تاريخها إلى ٢٧٥٠قبل الميلاد إلى هذه الأسماك باسم «صاعقة النيل»، كما وصفوها بأنها حامية جميع الأسماك الأخرى. وبعد حوالي ألف عام، أشار إليها أيضًا الإغريق والرومان و علماء الطبيعة والأطباء المسلمون. ولقد أكد الكتّاب القدامى، مثل بليني الأكبر وسكريبونيس لارجوس على الإحساس بالتنميل الناتج عن الصدمات الكهربية التي يحدثها سمك السلور وسمك الرعاد الكهربي. كما اكتشف هؤلاء الكتّاب أن هذه الصدمات يمكن أن تنتقل عبر الأجسام الموصلة. وعلى أي حال، ينسب أقدم وأقرب أسلوب لاكتشاف ماهية البرق والكهرباء الصادرة عن أي مصدر آخر إلى العرب المسلمين الذين أطلقوا الكلمة العربية رعد على الشعاع الكهربي قبل القرن الخامس عشر. وقد كان معروفًا في الثقافات القديمة للدول المطلة على البحر الأبيض المتوسط أن هناك أجسامًا معينة مثل قضبان الكهرمان، يمكن حَكّها بفرو من الصوف فتجذب الأجسام الخفيفة مثل الريش. ولقد قام طاليس حوالي عام ٦٠٠ قبل الميلاد بتسجيل مجموعة من الملاحظات تتعلق بالكهرباء الساكنة.

وبعد هذه الملاحظات، توصل طاليس إلى أن الاحتكاك يحول الكهرمان إلى مادة مغناطيسية. وعلى عكس ذلك، لا تحتاج المعادن، مثل الماغنتيت المعروف باسم أكسيد الحديد الأسود، إلى عملية الاحتكاك حتى تكتسب صفة المغناطيسية. إلا أن طاليس كان مخطئاً في الاعتقاد بأن سبب الانجذاب هو التأثير المغناطيسي، فقد أثبتت الأبحاث العلمية فيما بعد وجود علاقة بين المغناطيسية والكهرباء. ووفقًا لإحدى النظريات المثيرة للجدل، فقد عرف شعب البارثيون الطلاء الكهربي استنادًا إلى اكتشاف بطارية بغداد عام ١٩٣٦ وعلى الرغم من أن هذه البطارية تشبه الخلية الجلفانية، فإنه من غير المؤكد ما إذا كانت ذات طبيعة كهربية أم لا.

ولقد قدم إوتو فون جيريك وروبرت بويل وستيفن جراي وسي إف ديو فاي المزيد من الأعمال. وأجرى بنجامين فرانكلين في القرن الثامن عشر أبحاثًا شاملة بشأن الكهرباء، حتى أنه اضطر إلى بيع ممتلكاته لتمويل أبحاثه. وقيل إنه في يونيو 1752، قام بربط مفتاح معدني أسفل خيط طائرة ورقية رطب وأطلق الطائرة في سماء تنذر بهبوب عاصفة. ثم لاحظ مجموعة متلاحقة من الشرر تخرج من المفتاح إلى ظهر يده، الأمر الذي برهن على أن البرق ذو طبيعة كهربية بالفعل. ونشر لويجي جلفاني عام ١٧٩١ اكتشافه الخاص بالكهرباء الحيوية الذي أظهر أن الكهرباء هي الوسيط الذي تقوم من خلاله الخلايا العصبية بنقل الإشارات إلى العضلات .ولقد اخترع ألكساندرو فولتا أول بطارية كهربية وأطلق عليها اسم «البطارية الفولتية» عام ١٨٠٠ وكانت مصنوعة من طبقات متوالية من الزنك والنحاس. ولقد مَدّت هذه البطارية العلماء بمصدر للطاقة الكهربية يمكن الاعتماد عليه أكثر من الماكينات الإلكتروستاتية التي كانت تُستخدم من قبل. وترجع معرفة الكهرومغناطيسية، أي وحدة الظواهر الكهربية والمغناطيسية، إلى هانز كريستيان أورستد وأندريه ماري أمبير عامي ١٨١٩ و ١٨٢٠ ، ثم اخترع مايكل فاراداي المحرك الكهربي عام ١٨٢١. كما قام جورج أوم بتحليل الدائرة الكهربية حسابيًا عام ١٨٢٧ .

وعلى الرغم من أن أوائل القرن التاسع عشر شهدت تقدمًا سريعًا في علم الكهرباء، فإن أواخر القرن نفسه شهدت أعظم تقدم في مجال الهندسة الكهربية. وتحولت الكهرباء من مجرد فضول علمي مُحير إلى أداة رئيسية لا غنى عنها في الحياة العصرية وأصبحت القوة الدافعة للثورة الصناعية الثانية. وكل ذلك تحقق بفضل بعض الأشخاص مثل نيكولا تيسلا وتوماس إديسون واوتو بلاثي وجورج ويستنجهاوس وإرنست فرنر فون سيمنز والكسندر جراهام بل ولورد كلفن .

١-١٢-٢ توليد الكهرباء:

التجارب التي أجراها طاليس باستخدام قضبان الكهرمان كانت أولى الدراسات التي أجريت على عملية إنتاج الطاقة الكهربية. وعلى الرغم من أن هذه الطريقة، المعروفة الآن باسم تأثير كهرباء الاحتكاك، قادرة على رفع الأجسام الخفيفة وكذلك توليد الشرارات، فإنها غير فعالة على الإطلاق لإعطاء تيار كهربي. ولم يتم التوصل لمصدر كهربي فعال إلا بعد اختراع البطارية الفولتية في القرن الثامن عشر. وهذه البطارية وكذلك الطراز الأحدث منها ألا وهو البطارية الكهربائية، تخزن الطاقة بشكل كيميائي وتجعلها متاحة للاستخدام في شكل طاقة كهربية. وتتميز البطارية بتعدد استخداماتها وتعد مصدرًا شائعًا وقويًا للطاقة ويصلح استخدامها في العديد من التطبيقات. إلا أن قدرتها على تخزين الطاقة محدودة، وبمجرد تفريغ الطاقة المخزنة، يجب التخلص من البطارية أو إعادة شحنها. وبالنسبة للاحتياجات الضخمة من الطاقة الكهربية، فينبغي توليدها وتحويلها بكميات كبيرة.

عادةً ما تولد الطاقة الكهربية عن طريق المولدات الميكانيكية الكهربية التي يديرها البخار المنتج من احتراق الوقود أو الحرارة الناتجة عن التفاعلات النووية أو الطاقة الشمسية. كما تولد الطاقة من مصادر أخرى مثل الطاقة الحركية المستخلصة من الرياح أو الماء المتدفق. ولا تتشابه هذه المولدات مع المولد الذي اخترعه فاراداي عام ١٨٣١ وهو عبارة عن مولد أحادي القطب. ولكن لا يزال الاعتماد قائمًا على مبدئه الكهرومغناطيسي القائل إن الموصل الذي يتصل بمجال مغناطيسي متغير يحث فرق جهد عبر طرفيه. و اختراع المحول في أواخر القرن التاسع عشر يعني إمكانية توليد الكهرباء من محطات توليد كهرباء مركزية ونقل هذه الكهرباء عبر الدول بكفاءة متزايدة .

وبما أنه من الصعب تخزين الطاقة الكهربية بكميات كبيرة تكفي لتلبية الاحتياجات على المستوى القومي، يجب أن يكون الإنتاج بقدر الاحتياج في جميع الأوقات. وهذا الأمر يتطلب أن تتحرى المرافق الكهربية الدقة في توقعاتها بشأن احتياجاتها الكهربية وتحافظ على التنسيق المستمر مع محطات توليد الكهرباء. وهناك مقدار معين من عملية التوليد يجب أن يكون احتياطيًا حتى يقلل صدمات الشبكة الكهربية التي تحدث بسبب الاضطرابات والفواقد التي يتعذر اجتنابها. وفي الحقيقة، تتزايد الطلبات على الطاقة الكهربية بسرعة كبيرة كلما زاد تقدم الدولة ونما اقتصادها. وقد كشفت الولايات المتحدة عن تزايد الطلب على الكهرباء بنسبة ١٢٪ كل عام علي. ومن الناحية التاريخية، زاد معدل نمو الطلب على الطاقة الكهربية عن صور الطاقة الأخرى. ولقد أدت بعض المخاوف البيئية المتعلقة بتوليد الكهرباء إلى التركيز بشكل متزايد على التوليد من مصادر متجددة، وخاصة الطاقة الشمسية و الطاقة المائية وطاقة الرياح .

١-١٢-٣ استخدامات الكهرباء:

الكهرباء صورة مرنة جدًا من صور الطاقة فهي تلائم عددًا كبيرًا ومتزايدًا من الاستخدامات. وقد كان لاختراع مصباح الإضاءة المتوهج لمخترعه توماس اديسون في السبعينات من القرن التاسع عشر الفضل في أن تصبح الإضاءة واحدة من أولى التطبيقات المعتمدة على الطاقة الكهربية. وعلى الرغم من مخاطر الكهرباء، فإن الاستعاضة به عن اللهب المكشوف للإضاءة المعتمدة على الغاز قللت بشدة من مخاطر الحريق داخل البيوت والمصانع.

وقد تم إنشاء مرافق عامة في العديد من المدن لتستهدف سوق الإضاءة الكهربية الآخذ في الازدهار. علاوةً على ذلك، كان لتأثير التسخين بحرارة جول المستخدم في مصباح الإضاءة أثرًا مباشرًا في مجال التدفئة الكهربية. ومع أن هذا التأثير متعدد الاستعمالات ويمكن التحكم فيه، يرى البعض أنه مضيعة للوقت حيث إن معظم عمليات التوليد الكهربي يلزمها بالفعل إنتاج الحرارة في إحدى محطات توليد الكهرباء. ولقد سنت بعض الدول، مثل الدنمارك، قانونًا يحد أو يمنع من استخدام التدفئة الكهربية في المباني الجديدة. ومع ذلك، تعد الكهرباء، إلى حد كبير، مصدرًا عمليًا للطاقة يمكن استخدامه في عمليات التبريد، حيث إن تكييف الهواء يمثل أحد القطاعات التي تزيد احتياجاتها للطاقة وهي متطلبات تضطر دائمًا مرافق الكهرباء إلى تلبيتها .

وتستخدم الكهرباء في الاتصال عن بُعد. وفي الواقع، كان التلغراف الكهربي، الذي ابتكره كوك وويتستون عام ١٨٣٧، من أوائل تطبيقات الكهرباء في هذا المجال. ومع وضع أول نظام تلغراف عبر القارات، ثم عبر المحيط الأطلسي، في الستينات من القرن التاسع عشر، سهلت الكهرباء وسائل الاتصال. وعلى الرغم من أن تكنولوجيا الألياف البصرية والاتصال عبر الأقمار الصناعية قد شغلت حصة في سوق نظم الاتصالات ولكن مازالت الكهرباء جزءًا أساسيًا من هذه العملية. فضلاً عن ذلك، تظهر تأثيرات الكهرومغناطيسية بوضوح في المحرك الكهربي الذي يعد وسيلة نظيفة وفعالة للقدرة المحركة. ويسهل تزويد المحرك الثابت، مثل الرافعة، بمصدر للإمداد بالقدرة. أما المحرك الذي يتحرك مع تطبيقه، مثل السيارة الكهربية، فيجب أن يحمل معه مصدرًا للقدرة كالبطارية، أو يجمع شحنة كهربية مستمدة من تماس انزلاقي مثل البانتوجراف، مما يضع قيودًا على مداه أو أدائه. هذا وتستخدم الأجهزة الإلكترونية تستخدم الترانزستور، الذي يعد من أهم الاختراعات في القرن العشرين. كما أنه وحدة بناء أساسية تدخل في تكوين جميع الدوائر الكهربية الحديثة. وقد تحتوي الدائرة المتكاملة الحديثة على آلاف من أجهزة الترانزستور صغيرة الحجم في محيط لا يتجاوز بعض السنتيمترات المربعة.

وحاليا تحوي المصانع الكثير من الآلآت التي تسير عمليات الصناعة المختلفة كصناعة السيارات، والصناعات الغذائية، وصناعة المنسوجات ، فجميعها بحاجة إلى كهرباء لتشغيل الآلآت الخاصة لإنتاج كل منتج، وكمثال فإذا أمعنا النظر في عملية صناعة الألبان، ماذا سيحدث عند انقطاع الكهرباء عن ثلاجات الحليب وعن الآلات الخاصة بعمليات صناعة الألبان، وكم الكميّات التي سيتمّ إتلافها من هذه الألبان، ولا يقتصر على الألبان، فكلّ المصانع لا تعمل إلا بوجود الكهرباء وبالعكس فهناك الكثير من المصانع قد استغنت عن وجود الأيدي العاملة، وتمّ إبدالها بآلات للقيام بالمهام الموكلة إليها والتي تُعدّ الكهرباء الشريان الرئيسي لتشغيلها.

والكهرباء إحدى مقومات المجال الصحي في جميع أنحاء العالم، فهي ضرورية من أجل إنارة المستشفيات ولتشغيل الأجهزة الطبيّة، فمعظم هذه الأجهزة تعمل على الكهرباء أو كلّها، فمنها جهاز التصوير الطبقي المحوري، وجهاز التصوير بأشعة اكس، وجهاز التصوير بالأمواج فوق الصحيّة، وغيرها الكثير من الأجهزة الطبية التي تعج المستشفيات بها من أجل الحفاظ على سلامة المرضى، فهناك مرضى غسيل الكلى منهم من يغسل يومياً ومنهم من يغسل كلّ يومين. وكذلك أجهزة التنفس في الحضانات وأجهزة التنفس في جميع الأقسام المختلفة والتي تعتبر ضرورية من اجل حياة المرضى والتي تعتبر الكهرباء الشريان الرئيسي لتشغيلها، حيث يوجد لكل مستشفى محولات ومولدات احتياطية لتستطيع تشغيل الاجهزة في حالات انقطاع التيار الكهربائي.

ويحتوي المنزل على الكثير من الأجهزة التي لا تعمل إلا بالكهرباء كالمصابيح الكهربية للإنارة والأفران والغسالات والثلاجات في المنازل، وأجهزة التليفزيون والكمبيوتر حتى شواحن الهواتف المحمولة والتي لا يكاد أي منزل يستطيع الإستغناء عنها.

١-١٢-٤ السيارات الكهربائية:

السيارة الكهربائية هي السيارة التي تعمل باستخدام الطاقة الكهربائية، وهناك العديد من التطبيقات لتصميمها وأحد هذه التطبيقات يتم باستبدال المحرك الأصلي للسيارة، ووضع محرك كهربائي مكانه وهي أسهل الطرق للتحول من البترول للكهرباء مع المحافظة علي المكونات الأخرى للسيارة ويتم تزويد المحرك بالطاقة اللازمة عن طريق بطاريات تخزين التيار الكهربائي. وتختلف السيارة الكهربائية عن المركبة الكهربائية بأنها سيارات خاصة للأشخاص، أما العربة أو المركبة الكهربائية فهي للاستخدام الصناعي أو نقل الأشخاص في إطار النقل العام .

وتعتمد تصميمات السيارة الكهربائية على محرك يعمل بالكهرباء، ونظام تحكم كهربائي، وبطارية قوية يمكن إعادة شحنها مع المحافظة على خفض وزنها وجعل سعرها في متناول المشتري. وتعتبر السيارة الكهربائية أنسب من سيارات محرك الاحتراق الداخلي من ناحية المحافظة علي البيئة حيث لا ينتج عنها مخلفات ضارة وهي أحد أهم الحلول للتقليل من ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ .

والسيارة العادية التي تحتاج لكمية ٣٠ كيلوجرام من الوقود لقطع مسافة ٤٠٠ كيلومتر في يمكن استبدال ببطارية وزنها ٤٥٠ كيلوجرام لقطع نفس المسافة. هذا المثال يفسر لماذا يزيد ثمن السيارة الكهربائية عن ثمن مثيلتها التي تعمل بالجازولين أو الديزل، لأن مواد صناعة البطارية مرتفعة الثمن وتحاول دور البحث العلمي والجامعات على استخدام موادا بديلة أقل وزنا وأقل ثمنا وأكثر كفاءة. وستبين السنوات القليلة القادمة مدى النجاح في هذا السبيل، ومن يصل إلى حل سليم سوف يحتكر حقوق الاختراع ويكسب كثيرا من مصنعي السيارات على مستوى العالم.

شكل (١-١١) يعرض سيارة كهربائية.



شكل (١-١١) يعرض سيارة كهربائية

الفصل الثاني - المصادر غير المتجددة للطاقة

٢- ١ مقدمة:

المصادر غير متجددة للطاقة التي لا تتشكل أو تعاد مرة اخرى في فترة قصيرة من الزمن. والأنواع الأربع الكبرى من مصادر الطاقة غير المتجددة يمكن تقسيمها كالتالي:

النفط الخام - الغاز الطبيعي - الفحم - اليورانيوم (الطاقة النووية):

ويتم استخراج مصادر الطاقة غير المتجددة من الأرض كسوائل أو غازات أو مواد صلبة. والنفط الخام يتم تكريره لإنتاج المنتجات البترولية السائلة مثل البنزين (الجازولين) ووقود الديزل ووقود التدفئة وغاز البروبان وغيرها من السوائل الهيدروكربونية مثل البيوتان والإيثان التي توجد في الغاز الطبيعي والنفط الخام.

وجميع أنواع الوقود الأحفوري هي مصادر غير متجددة ولكن ليس كل مصادر الطاقة غير المتجددة هي وقود أحفوري. فالفحم والنفط الخام والغاز الطبيعي جميعها يعتبر من الوقود الأحفوري لأنها تشكلت من بقايا النباتات والحيوانات التي عاشت منذ ملايين السنين ثم انتهت ودفنت في الأرض. والنفط الخام هو خليط من الهيدروكربونات التي تشكلت من النباتات والحيوانات التي عاشت منذ ملايين السنين ثم اندثرت وهو وقود أحفوري ويوجد في شكل سائل في برك تحت الأرض أو خزانات في مساحات صغيرة داخل الصخور الرسوبية وبالقرب من السطح في رمال القطران. والمنتجات البترولية هي أنواع الوقود المنتج من النفط الخام أو من المواد الهيدروكربونية الأخرى الواردة في الغاز الطبيعي .ويمكن أيضا أن تصنع المنتجات البترولية من الفحم أو الغاز الطبيعي أو مصادر الكتلة الحيوية. واليورانيوم هو أحد مصادر الطاقة غير المتجددة ويتم استخراجه كمواد صلبة من المناجم وتحويلها إلى وقود يستخدم في محطات الطاقة النووية. واليورانيوم لا يعتبر كوقود أحفوري ولكنه يصنف على أنه وقود غير متجدد.

٢-٢ النفط الخام (البترول):

النفط أو البترول كلمة مشتقة من الأصل اللاتيني «بيترا» والذي يعني صخر، وكلمة «أوليوم» والتي تعني زيت، ويطلق عليه أيضا الزيت الخام، كما أن له اسم دارج وهوالذهب الأسود. والبترول عبارة عن سائل كثيف، قابل للاشتعال، بني غامق أو بني مخضر، يوجد في الطبقة العليا من القشرة الأرضية. وأحيانا يسمى نافتا، من اللغة الفارسية «نافت» أو «نافاتا» والتي تعني قابليته للسريان. والنفط. ويتكون النفط من خليط معقد من الهيدروكربونات، وخاصة من سلسلة الألكانات الثمينة كيميائيا، ولكنه يختلف في مظهره وتركيبه ونقاوته بشدة بحسب مكان استخراجه. وهو مصدر من مصادر الطاقة الأولية الهامة طبقا لإحصائيات الطاقة في العالم. ولكن العالم يحرقه في وسائل النقل وتشغيل المحركات ومولدات الطاقة الكهربية التي يمكن أن تولّد بطرق أخرى توفر على البشرية حرق هذه المادة القيمة كيميائيا. النفط هو المادة الخام للعديد من المنتجات الكيمياوية، بما فيها الأسمدة، مبيدات الحشرات، اللدائن وكثير من الأدوات البلاستيك والرقائق والأنابيب والأقمشة والنايلون والحرير الصناعي والجلود الصناعية والأدوية.

ويُعتقد أن البترول له منشأ حيوي من بقايا الكائنات الحية كالنباتات والحيوانات التي عاشت منذ ملايين السنين ثم دفنت وتحللت وتحت ظروف ضغط ودرجة حرارة خاصة. لكن توماس جولد كان أكثر العلماء الغربيين تأييدا للنظرية الروسية الأوكرانية للمنشأ الغير حيوي للبترول ، وهذه النظرية تفترض أن كميات ضخمة من الكربون الموجود طبيعيا على الأرض يوجد بعضه في شكل هيدروكربونات هي أساس منشأ البترول. ونظرا لأن الهيدروكربونات أقل كثافة من الموائع المسامية، فإنه يتجه للأعلى. وعلى هذا فإن نظرية المنشأ الغير حيوي للبترول تفترض أن البترول يتكون عند أعماق كبيرة في باطن الأرض ثم يرتفع لأعلى لأن كثافته قليلة نسبيا .

٢-٢-١ استخلاص النفط الخام :

بصفة عامة فإن المرحلة الأولى في استخلاص زيت البترول الخام هي حفر بئر ليصل لمستودعات البترول تحت الأرض. وتاريخيا، يوجد بعض أبار البترول في العالم وصل البترول فيها للسطح بطريقة طبيعية. وغالبا ما يتم حفر عديد من الآبار لنفس المستودع للحصول على معدل استخراج اقتصادي. وفي بعض الآبار يتم ضخ الماء والبخار ومخلوط الغازات المختلفة للمستودع لإبقاء معدلات الاستخراج الاقتصادية مستمرة.

وفي حالة أن الضغط تحت الأرض في مستودع الغاز كاف عندها سيجبر الزيت على الخروج للسطح تحت تأثير هذا الضغط. والوقود الغازي أو الغاز الطبيعي غالبا ما يكون متواجد، مما يزيد من الضغط الموجود تحت الأرض. وفي هذه الحالة فإن هذا الضغط الكبير يتطلب وضع عدد كاف من الصمامات على رأس البئر لتوصيله بشبكة أنابيب للتخزين وعمليات التشغيل. وتسمى هذه العملية بعملية استخلاص الزيت المبدئى. وتقريبا ٢٠% فقط من الزيت في المستودع يمكن استخراجه بهذه الطريقة.

وخلال فترة حياة البئر يقل الضغط وعند حدود معينة لا يكون كافيا لدفع الزيت للسطح. وعندها لو أن المتبقي في البئر كاف اقتصاديا، وغالبا ما يكون كذلك، يتم استخراج الزيت المتبقي في البئر بطريقة استخراج الزيت الإضافية. ويتم استخدام تقنيات مختلفة في طريقة استخراج الزيت الإضافية. ولعمليات الاستخراج الإضافية للزيت من المستودعات التي نفذ ضغطها أو قل يستخدم الضخ بالطلمبات مثل الطلمبات المستمرة وطلمبة الأعماق الكهربية لرفع الزيت إلى السطح. وتستخدم تقنية مساعدة لزيادة ضغط المستودع عن طريق حقن الماء و إعادة حقن الغاز الطبيعي لرفع الغاز ويمكن القيام بحقن الهواء أو ثاني أكسيد الكربون أو غازات أخرى للمستودع. وتعمل الطريقتان معا المبدئية والإضافية على استخراج ما يقرب من ٢٥ إلى ٣٥% من محتوى البترول.

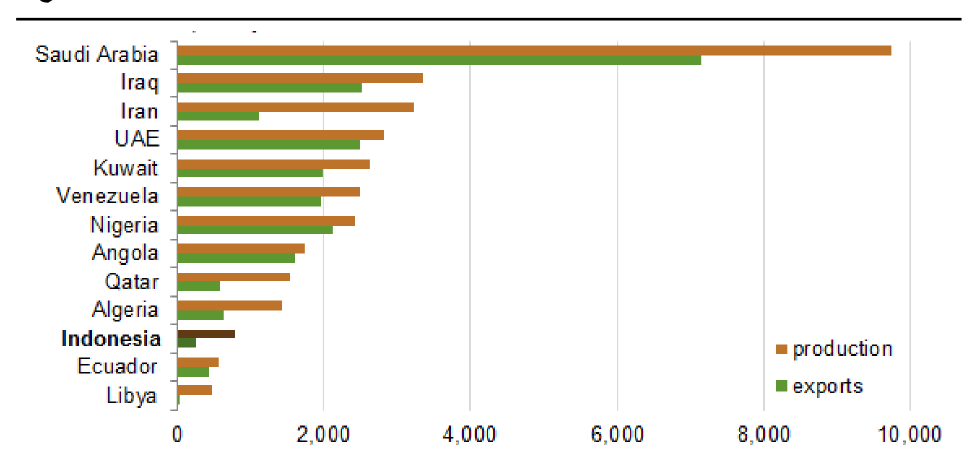
أما المرحلة الثالثة في استخراج الزيت تعتمد على تقليل كثافة الزيت لتعمل على زيادة الإنتاج. وتبدأ هذه المرحلة عندما لا تستطيع كل من الطريقة المبدئية أوالطريقة الإضافية على استخراج الزيت، ولكن بعد التأكد من جدوى استخدام هذه الطريقة اقتصاديا، وما إذا كان الزيت الناتج سيغطي تكاليف الإنتاج والأرباح المتوقعة من البئر. كما يعتمد أيضا على أسعار البترول وقتها، حيث يتم إعادة تشغيل الآبار التي قد تكون توقفت عن العمل في حالة ارتفاع أسعار الزيت.

وطريقة تسخين الزيت هي الطريقة الثالثة في ترتيب استخراج الزيت، والتي تعتمد على تسخين الزيت وجعله أسهل للاستخراج. وحقن البخار هي أكثر التقنيات استخداما في هذه الطريقة، وغالبا مع تتم عن طريق التوليد المزدوج. وفكرة عمل التوليد المزدوج هي استخدم توربين غاز لإنتاج الكهرباء واستخدام الحرارة المفقودة الناتجة عنها لإنتاج البخار، الذي يتم حقنه للمستودع. وهذه الطريقة تستخدم بكثرة لزيادة إنتاج الزيت ذو الكثافة العالية. وهناك تقنية أخرى تستخدم في طريقة تسخين البترول وهي الحرق في الموضع، وفيها يتم إحراق الزيت لتسخين الزيت المحيط به. وأحيانا يتم استخدام المنظفات لتقليل كثافة الزيت. ويتم استخراج ما يقرب من ٥ إلى ١٥% من الزيت في هذه المرحلة الأخيرة.

ونظرا للزيادة المستمرة في أسعار البترول أصبح التفكير في طرق الأخرى لإنتاج الزيت محل اهتمام. وأصلح هذه الأفكار هو تحويل الفحم إلى زيت والتي تهدف إلى تحويل الفحم إلى زيت خام. وكان هذا التصور الريادي من الألمان عندما توقف استيراد البترول في الحرب العالمية الثانية ووجدت ألمانيا طريقة لاستخلاص الزيت من الفحم. ويقدر أن نصف الزيت المستخدم في ألمانيا أثناء الحرب العالمية الثانية قد كان منتجا بهذه الطريقة. وقد تم توقف هذه الطريقة بعد ذلك نظرا لأن تكاليف إنتاج البترول الطبيعي أقل منها. ولكن بالنظر إلى ارتفاع أسعار البترول المستمر، فإن تحويل الفحم إلى بترول قد يكون محل تفكير. وتتضمن الطريقة تحويل رماد الفحم إلى زيت في عملية متعددة المراحل. ونظريا فإن طن من الفحم ينتج تقريبا ٢٠٠ لتر من الزيت الخام، بمنتجات تتراوح من القار إلى الكيمياويات النادرة. ويوضح **الشكل (٢-١)** موقع انتاج نفط بدولة العراق. وشكل **(٢-٢)** يعرض انتاج دول الأوبك من النفط.



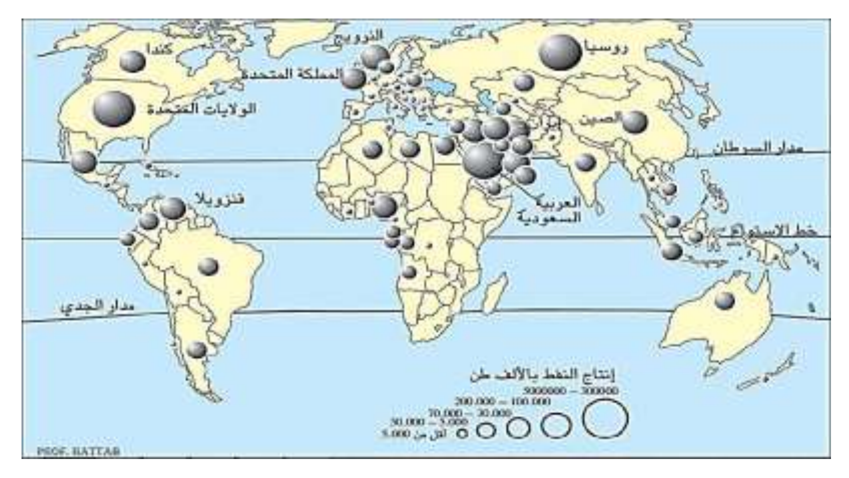
شكل (٢-١) موقع إنتاج نفط – العراق



شكل (٢-٢) إنتاج دول الأوبك وإندونيسيا من النفط (ألف برميل /يوم) ٢٠١٤

وحوالي ١٠٠ دولة تنتج النفط الخام طبقا لإحصائيات عام ٢٠١٤، ٤٧٪ من إجمالي إنتاج النفط الخام في العالم يأتي من خمس دول هي روسيا بنسبة ١٣٪ والمملكة العربية السعودية ١٣٪ والولايات المتحدة ١٢٪ والصين ٥٪ وكندا ٤٪.

وتقريبا **90%** من احتياجات السيارات للوقود يتم الوفاء بها عن طريق البترول. ويشكل البترول تقريبا ٤٠ % من الاستهلاك الكلي للطاقة في الولايات المتحدة، لكن ٢% فقط في توليد الكهرباء. وقيمة البترول تكمن في إمكانية نقله وكمية الطاقة الكبيرة الموجودة فيه، وكذلك احتوائه علي العديد من المركبات الهامة لذا يستخدم كمادة أساسية في العديد من الصناعات الكيميائية مما يجعله من أهم المواد في العالم. وكان الوصول للبترول وزيادة النفوذ السياسي والجغرافي سببا في كثير من الاشتباكات العسكرية مثل الحرب العالمية الثانية و حرب العراق وإيران والحروب التي خاضتها الولايات المتحدة في أفغانستان والعراق وحروب بعض دول الشرق الأوسط الحالية. وتقريبا ٨٠% من مخزون العالم للبترول يتواجد في الشرق الأوسط ، وحوالي ٦٢,٥ % منه في خمس دول المملكة العربية السعودية والإمارات و العراق والكويت و إيران بينما تمتلك أمريكا تقريبا ٣ % من المخزون العالمي. **وشكل (٢-٣)** يعرض خريطة انتاج دول العالم من النفط.



شكل (٢-٣) خريطة إنتاج دول العالم من النفط

٢-٢-٢ مكونات البترول الناتجة من التكرير:

أثناء عمليات تكرير (تصفية) البترول، يتم فصل الكيمياويات المكونة للبترول عن طريق التقطير التجزيئي، وهو عملية فصل تعتمد على نقط الغليان النسبية (أو قابلية التطاير النسبية). والمنتجات المختلفة (بالترتيب طبقاً لنقطة غليانها) بما فيها الغازات الخفيفة (مثل الميثان والإيثان والبروبان) هي البنزين، وقود المحركات النفاثة، الكيروسين، الديزل، الجازولين، شموع البرافين، الأسفلت. والتقنيات الحديثة مثل فصل الألوان الغازي يمكن أن تفصل بعض الأجزاء من البترول إلى مركبات فردية وهذه طريقة من طرق الكيمياء التحليلية تستخدم غالبا في أقسام التحكم في الجودة في مصافي البترول.

ولمزيد من الدقة، فإن البترول يتكون من الهيدروكربونات، وهذه بدورها تتكون من الهيدروجين والكربون وبعض الأجزاء غير الكربونية والتي يمكن أن تحتوي على النيتروجين والكبريت والأكسجين وبعض الكميات الضئيلة من الفلزات مثل الفاناديوم أو النيكل ومثل هذه العناصر لا تتعدى ١% من تركيب البترول. كما أن أخف أربعة ألكانات الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان وهم جميعا غازات. بعدها الكانات خفيفة سائلة وتتطاير بسهولة ويتم استخدامها كمذيبات أو كسوائل للتنظيف الجاف وفي منتجات التجفيف السريع الأخرى.

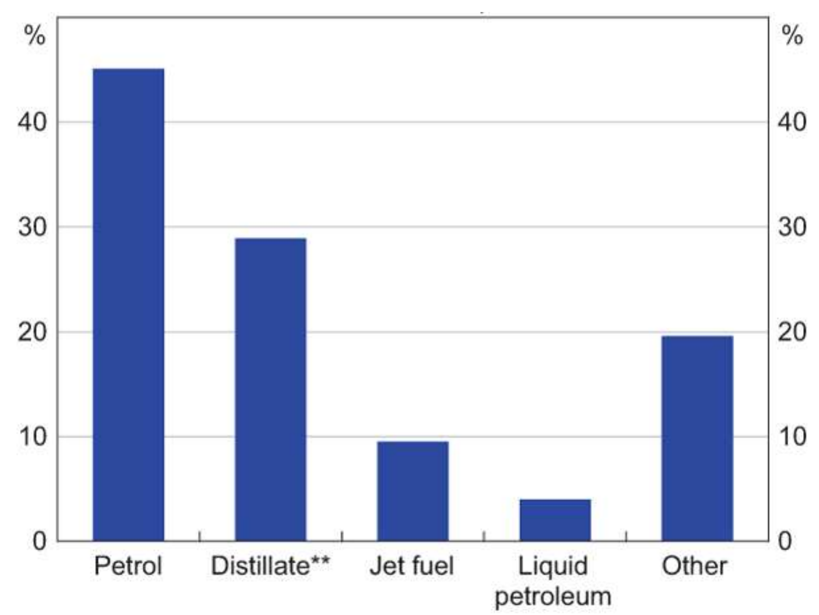
أما المركبات الأثقل تكون مختلطة ببعض وتستخدم في الجازولين وكذلك الكيروسين ثم وقود الديزل أو زيت التسخين و يتم استخدام زيوت الوقود الأثقل من ذلك في محركات السفن. وجميع هذه المركبات البترولية سائلة في درجة حرارة الغرفة. يأتي بعد ذلك زيوت التشحيم والشحم شبه الصلب بما فيه الفازلين وأخيرا الهيدروكربونات الأثقل تكون صلبة بداية من شمع البرافين ثم بعد ذلك القطران والقار والأسفلت. ومدى درجات الغليان لمكونات البترول تحت تأثير الضغط الجوي في التقطير التجزيئي بالدرجة المئوية هي كالتالي:

- إثير بترول $(40 - 70\ °C)$: يستخدم كمذيب.
- بنزين خفيف $(٦٠- ١٠٠°C)$: يستخدم كوقود للسيارات.
- بنزين ثقيل $(١٠٠ - ١٥٠\ °C)$: يستخدم كوقود للسيارات.
- كيروسين خفيف $(120 - 150\ °C)$: يستخدم كمذيب ووقود للمنازل.
- كيروسين $(150 - 300\ °C)$: يستخدم كوقود للمحركات النفاثة.
- زيت الغاز $(250 - 350\ °C)$: يستخدم كوقود للديزل أو للتسخين.
- زيت تشحيم $(> 300\ °C)$: يستخدم كزيت للمحركات .

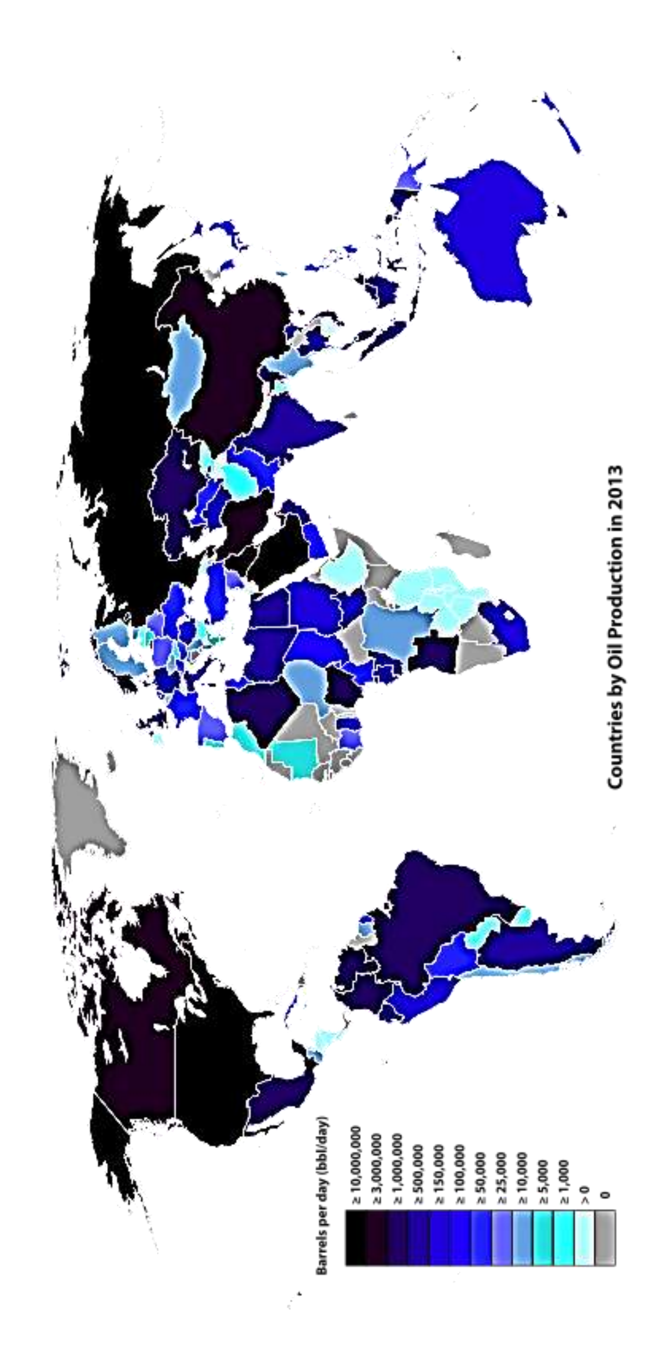
والأجزاء المتبقية عبارة عن قار، أسفلت، وقود متبقي و**شكل (٢-٤)** يوضح نسب المواد المستخرجة من برميل من زيت البترول. **شكل (٢-٥)** يبين نسب منتجات النفط في الولايات المتحدة بينما يوضح **شكل (٢-٦)** خريطة انتاج النفط و**شكل (٢-٧)** الانتاج اليومي لبعض الدول من النفط.



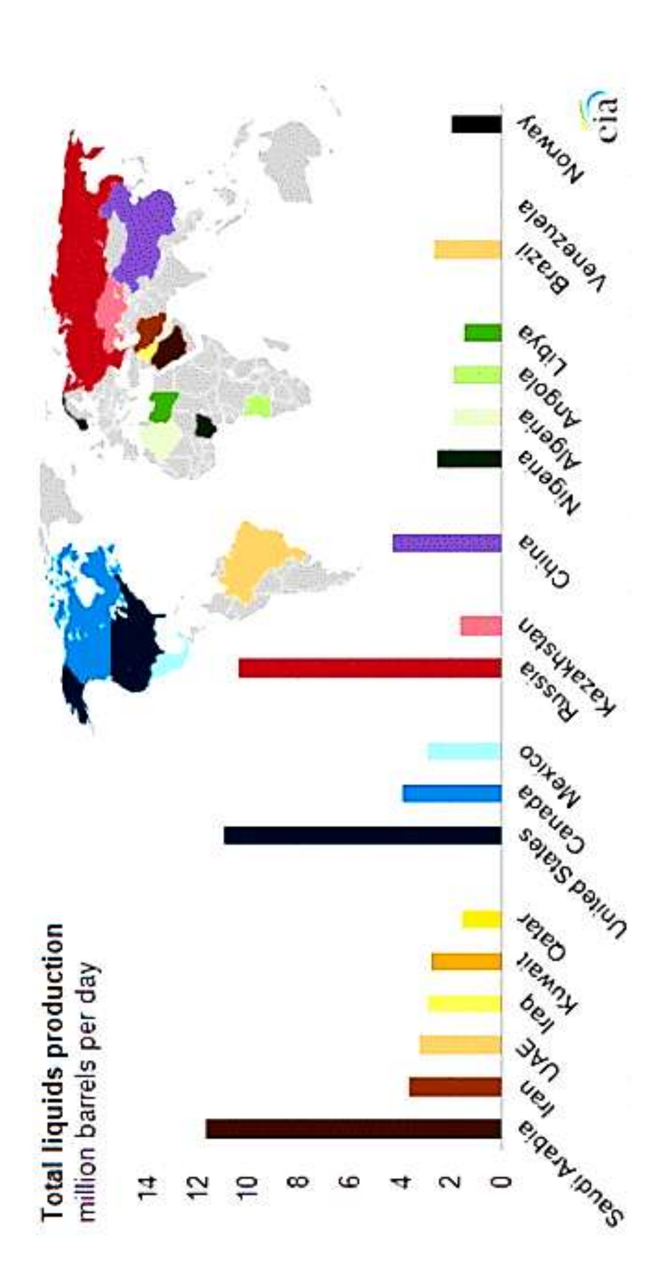
شكل (٢-٤) المواد المستخرجة من زيت البترول



شكل (٢-5) نسب المنتجات من النفط الخام في الولايات المتحدة الأمريكية



شكل (٢-٦) خريطة انتاج النفط في العالم ٢٠١٧



شكل (٢-٧) الإنتاج اليومي من النفط ٢٠١٧

وتضم منظّمة الأقطار المصدرة للبترول الأوبك (**OPEC**) ثلاث عشرة دولة تعتمد على صادراتها النفطية اعتمادا كبيرا لتحقيق ايراداتها المالية. ويعمل أعضاء الأوبك لزيادة العائدات من بيع النّفط في السّوق العالمية. وتملك الدّول الأعضاء في هذه المنظّمة ما يتراوح بين ثلثي وثلاثة أرباع الاحتياطي العالمي المستخلص من النّفط. وتأسّست في بغداد عام **1960** من طرف السعودية ، إيران ، العراق ، الكويت و فنزويلا ومقرّها في فيينا. والدول الأعضاء الحاليين في منظمة الأوبك هي السعودية، الإمارات، قطر، الجزائر، أنجولا، الإكوادور، إيران، العراق، الكويت، ليبيا، نيجيريا، فنزويلا، غينيا الاستوائية. والدول الأعضاء السابقة التي غادرت مجموعة الأوبك هي إندونيسيا والجابون. أما إنتاج مصر من البترول فحوالي **582,000** برميل/يوم وتستهلك حوالي **635,000** برميل/يوم.

٢-٢-٣ تاريخ انتاج البترول:

يرجح أنه تم حفر أول بئر للنفط في الصين في القرن الرابع الميلادي أو قبل ذلك. وكان يتم إحراق النفط لتبخير الماء المالح لإنتاج الملح .وبحلول القرن العاشر، تم استخدام أنابيب الخيزران لتوصيل الأنابيب لمنابع المياه المالحة .

وفي القرن الثامن الميلادي كان يتم رصف الطرق الجديدة في بغداد باستخدام القار، الذي كان يتم إحضاره من ترشحات النفط في هذه المنطقة. وفي القرن التاسع الميلادي بدأت حقول النفط في باكو، أذربيجان بإنتاج النفط بطريقة اقتصادية لأول مرة. وكان يتم حفر هذه الحقول للحصول على النفط، وتم وصف ذلك بمعرفة الجغرافي المسعودي في القرن العاشر الميلادي. وأيضا ماركو بولو في القرن الثالث عشر الميلادي الذي وصف النفط الخارج من هذه الآبار بقوله أنها مثل حمولة مئات السفن.

ويبدأ التاريخ الحديث للنفط في عام **1853**، باكتشاف عملية تقطير النفط. فقد تم تقطير النفط والحصول منه على الكيروسين بمعرفة إجناسي لوكاسفيز وهو عالم بولندي. وكان أول بئر نفط صخري يتم إنشاؤه في بوربكا، بالقرب من كروسنو في جنوب بولندا، وفي العام التالي تم بناء أول معمل تقطير في يولازوفايز وكان أيضا عن طريق لوكاسفيز. وانتشرت هذه الاكتشافات سريعا في العالم، وقام العالم ميرزوف ببناء أول معمل تقطير في روسيا في حقل النفط الطبيعي في باكو في عام **1861** .

وبدأت صناعة النفط الأمريكية باكتشاف إيدوين دريك للزيت في عام **1859**، بالقرب من تيتوسفيل- بنسلفانيا. وكان نمو هذه الصناعة بطيئا نوعا ما في القرن الثامن عشر الميلادي. وكانت محكومة بالمتطلبات المحدودة للكيروسين ومصابيح الزيت. وأصبحت مسألة اهتمام قومية في بداية القرن العشرين عند اختراع محركات الاحتراق الداخلية مما أدى إلى زيادة طلب الصناعة بصفة عامة على النفط. وقد أستنفذ الاستهلاك المستمر الاكتشافات الأولى في أمريكا في بنسلفانيا وأونتاريو مما أدى إلى «أزمة نفط » في تكساس وأوكلاهوما وكاليفورنيا .

وبالإضافة إلى ما تم ذكره، فإنه بحلول عام **1910** تم اكتشاف حقول نفط كبيرة في كندا، جزر الهند الشرقية، إيران وفينزويلا، المكسيك، وتم تطويرهم لاستغلالها صناعياً .

وبالرغم من ذلك حتى في عام **1955** كان الفحم أشهر أنواع الوقود في العالم، وبدأ النفط يأخذ مكانته بعد ذلك. وبعد أزمة طاقة ١٩٧٣ وأزمة طاقة ١٩٧٩ ركزت الحكومات على وسائل تغطية إمدادات الطاقة. فلجأت بلاد مثل ألمانيا وفرنسا إلى إنتاج الطاقة الكهربية بواسطة المفاعلات النووية حتى أن ٧٠% من إنتاج الكهرباء في فرنسا أصبح من المفاعلات النووية. كما أدت أزمة الطاقة إلى إلقاء الضوء على أن النفط مادة محدودة ويمكن أن تنفذ، على الأقل كمصدر طاقة اقتصادي. وفي الوقت الحالي فإن أكثر التوقعات الشائعة مفزعة من ناحية محدودية الاحتياطي المخزون من النفط في العالم. ويظل مستقبل البترول كوقود محل جدل. وأفادت الأخبار في الولايات المتحدة عام **2004** أنه يوجد ما يعادل استخدام ٤٠ سنة من النفط في باطن الأرض .وقد يجادل البعض في ذلك لأن كمية النفط الموجودة محدودة. ويوجد جدل آخر بأن التقنيات الحديثة ستستمر في إنتاج الهيدروكربونات الرخيصة وأن الأرض تحتوي على مقدار ضخم من النفط غير التقليدي مخزون على هيئة نفط رملي وحقول بيتومين، زيت طفلي وهذا سيسمح باستمرار استخدام النفط لفترة كبيرة من الزمن .

٢-٢-٤ شركات النفط:

سوق النفط العالمية معقد والحكومات والشركات الخاصة تلعب أدوارا مختلفة في نقل النفط من المنتجين إلى المستهلكين. وفي الولايات المتحدة توجد شركات إنتاج النفط الخام في الأراضي الخاصة والعامة والمياه البحرية . وغالبية هذه الشركات هي لمنتجين مستقلين، وعادة تعمل هذه الشركات في أراضي الولايات المتحدة فقط. أما الشركات الأخرى، وغالبا ما يشار إليها بشركات النفط الكبرى، يعمل بها مئات أو آلاف من الموظفين، وتعمل في العديد من البلدان مثل شيفرون وإكسون موبيل.

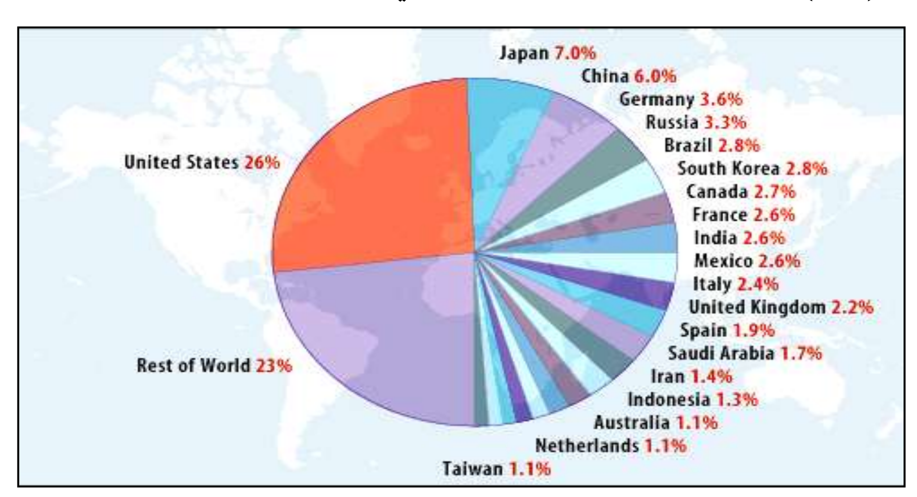
وشركات النفط العالمية الكبرى والتي تشمل اكسون موبيل وبي بي ورويال داتش شل هي مملوكة بالكامل للمستثمرين المهتمين في المقام الأول بزيادة أسهمهم الاقتصادية. ونتيجة لذلك فإن شركات النفط العالمية المتنامية المتخصصة والاستثمارية تعتمد على العوامل الاقتصادية .هذه الشركات عادة ما تتسارع في تطوير إنتاجها من الموارد النفطية وبيع إنتاجها في السوق العالمية. وعلى الرغم من أن هذه الشركات المنتجة يجب أن تتبع قوانين الدول التي ينتج فيها النفط لكن في نهاية المطاف القرارات المتخذة تكون في مصلحة الشركة ومساهميها.

أما شركات النفط الوطنية هي الشركات التي تعمل كامتداد للحكومة أو وكالة حكومية، وتشمل شركات مثل شركة أرامكو السعودية، شركة بيميكس في بالمكسيك، ومؤسسة البترول الوطنية الصينية **(CNPC)**، وبترووليوس دي فنزويل بفنزويلا.

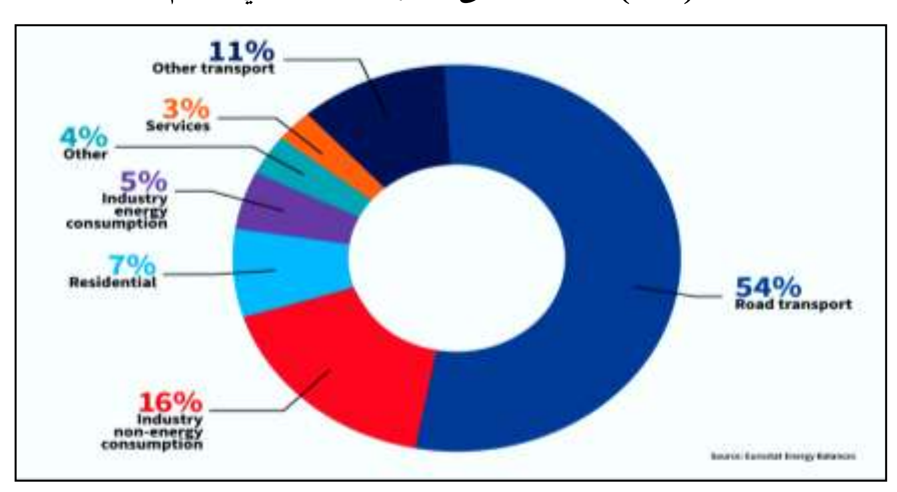
وهذه الشركات تدعم ماليا البرامج الحكومية وأحيانا توفر الدعم الاستراتيجي لها. وشركات النفط الوطنية في كثير من الأحيان توفر المنتجات البترولية للمستهلكين المحليين بسعر أقل من اسعار المنتجات التي تقدمها إلى السوق الدولية. وليس لدى هذه الشركات دائما الحافز أو الوسيلة أو النية لتطوير انتاجها أو احتياطياتها بنفس الوتيرة مثل شركات النفط العالمية المملوكة للمستثمرين .ونظرا للأهداف المختلفة للحكومات الداعمة لها فإن شركات النفط الوطنية تتبع الأهداف التي ليست بالضرورة موجهة نحو السوق . وأهداف شركات النفط الوطنية في كثير من الأحيان تتضمن توظيف المواطنين وتعزيز السياسات المحلية أو الأجنبية أو الحكومية، وبناء العائدات على المدى الطويل لدفع ثمن البرامج الحكومية وكذلك تعمل على توفير الطاقة المحلية الرخيصة وتقع تحت هذه الفئة جميع شركات النفط الوطنية التي تنتمي إلى أعضاء منظمة البلدان المصدرة للبترول (أوبك).

وشركات النفط الوطنية مع الحكم الذاتي الاستراتيجي والتشغيلي وهي كيانات مساهمة وليست كامتداد لمساهمات الحكومات التي تعمل في بلدانها وتشمل هذه الفئة بتروبراس بالبرازيل وشتات أويل بالنرويج . وهذه الشركات في كثير من الأحيان توازن بين المخاوف التي تستهدف الربح وأهداف الحكومات مع محاولة تطوير استراتيجياتها الانتاجية . وعلى الرغم من أن رأس المال الذي يحرك هذه الشركات يدار من قبل المؤسسات التجارية ولكن قد تأخذ أيضا في الاعتبار أهداف الحكومة عند اتخاذ القرارات الاستثمارية أو الاستراتيجية الأخرى.

وتعتبر أكبر خمس دول مستهلكة للنفط في عام ٢٠١٤، وحصتها من إجمالي استهلاك النفط العالمية هي الولايات المتحدة الأمريكية ٢١٪، الصين ١٢٪، اليابان ٥٪، الهند ٤٪، روسيا ٤٪. يوضح **شكل (٢-٨)** أعلى الدول المستهلكة للنفط أما **شكل (٢-٩)** يبين استهلاك دول الاتحاد الأووبي من منتجات النفط.



شكل (٢-٨) الدول الأعلى استهلاكا للنفط في العالم ٢٠١٧



شكل (٢-٩) نسب استهلاك منتجات النفط في دول الاتحاد الأوروبي ٢٠١٤

٢-٢-٥ النفط والبيئة:

يستخدم النفط الخام لإنتاج المواد النفطية التي نستخدمها لتشغيل الطائرات والسيارات والشاحنات أو لتدفئة المنازل أو في صناعة بعض المركبات مثل الأدوية والمواد البلاستيكية. وعلى الرغم من أن المنتجات النفطية تجعل الحياة العصرية أسهل وتوفر احتياجات حياتية كثيرة لكن إيجاد وإنتاج ونقل النفط الخام قد يكون له آثار سلبية على البيئة. نتيجة تسرب النفط للمياه أو الانبعاثات الحرارية والكيميائية التي تلوث الغلاف الجوي لذا فإن التقدم التكنولوجي في مجال الاستكشاف والإنتاج ونقل النفط وكذلك إنفاذ القوانين وأنظمة السلامة البيئية هامة للغاية وتساعد على تجنب وتقليل هذه الآثار السلبية.

ويعكر الاستكشاف والتنقيب عن النفط صفو النظم البيئية البرية والبحرية. واستخدام التقنيات الزلزالية للتنقيب عن النفط تحت قاع المحيط يضر بالأسماك والثدييات البحرية وحفر آبار النفط في الأراضي الزراعية أو في الأماكن التي تقطنها الحيوانات في كثير من الأحيان يتطلب إزالة مساحات كبيرة من الغطاء النباتي مما يؤدي إلى تدمير النظام البيئي. ومع ذلك فإن التطور في مجال استخراج البترول والذي يزيد بشكل كبير من كفاءة أنشطة الاستكشاف والحفر يعمل على تقليل التأثيرات الضارة على البيئة. والأقمار الصناعية وأنظمة تحديد المواقع الجغرافية وأجهزة الاستشعار عن بعد والتقنيات الزلزالية ذات الأبعاد الثلاثية تجعل من الممكن اكتشاف احتياطيات نفطية جديدة مع تقليص حفر الآبار الاستكشافية. ومنصات الحفر المحمولة المتنقلة تعمل على استخدام مناطق أصغر والتي تتأثر بأنشطة الحفر. أما استخدام الحفر الأفقي والاتجاهي يجعل من الممكن حفر بئر واحد لإنتاج النفط من منطقة واسعة، كذلك تقنية التشعب في الحفر يقلل من عدد الآبار اللازمة لتطوير الموارد النفطية.

وتقنية إنتاج النفط المعروفة باسم التكسير الهيدروليكي تستخدم لإنتاج النفط من الصخر الزيتي وغيرها من التكوينات الجيولوجية والتكسير الهيدروليكي لديه بعض التأثيرات على البيئة لأن تكسير الصخور يتطلب استخدام كميات كبيرة من المياه وكذلك تستخدم المواد الكيميائية ذات الخطورة المحتملة لاستخراج النفط من طبقات الصخور. وفي بعض المناطق ذات الفقر المائي فإن استخدام المياه لإنتاج النفط يؤثر على توافر المياه للاستخدامات الهامة الأخرى وقد يؤثر على الموارد المائية. فالخلل في عملية استخراج النفط بشكل جيد أو سوء التعامل معه قد يؤدي إلى تسربه وانسكابه في المياه أو التربة مما يؤدي إلى الإضرار بالكائنات الحية المتواجدة بها والإخلال بالنظام البيئي.

ويخلف عن عملية التكسير الهيدروليكي أيضا كميات كبيرة من المياه المستخدمة والتي تحتوي على مواد كيميائية مذابة وملوثات ضارة بالبيئة والتي تحتاج إلى معالجة قبل التخلص منها أو عند إعادة استخدامها. فالكمية الكبيرة للمياه المستخدمة وتعقيد معالجة بعض مكوناتها والتخلص منها هي من القضايا الهامة والصعبة. وفي كثير من الأحيان يتم التخلص من المياه عن طريق الحقن في آبار عميقة وعادة في طبقات المياه الجوفية المالحة وضخ المياه على أعماق كبيرة يمكن أن يؤدي إلى اختلال توازن طبقات التربة مما يؤدي إلى حدوث بعض الزلازل.

ولذلك فإن للبترول تأثير ملحوظ على الناحية البيئية والاجتماعية وذلك من الحوادث والنشاطات الروتينية التي تصاحب إنتاجه وتشغيله مثل الانفجارات الزلزالية أثناء إنتاجه أو الحفر أو تولد النفايات الملوثة بالرغم أن أكثر من ٧٠% من الاحتياطي العالمي يصاحبه ترشحات كبيرة أي أنه لا يستلزم الإضرار بالبيئة لاستخراجه فالعديد من حقول البترول تم العثور عليها نتيجة للتسريب الطبيعي. وكما أن استخراج البترول بالقرب من الشواطئ يزعج الكائنات البحرية ويؤثر على بيئتها. واستخراج البترول قد يتضمن عملية الكسح وفيها يحرك طبقة من قاع البحر مما يقتل النباتات البحرية التي تحتاجها الحيوانات البحرية للحياة. كما أن نفايات الزيت الخام والوقود المقطر التي تتناثر من حوادث ناقلات البترول أثرت على العلاقة التبادلية بين الكائنات الحية بموت أحد هذه الكائنات كما حدث في ألاسكا وجزر جالاباجوس وأسبانيا والعديد من الأماكن الأخرى.

ومعظم التسربات النفطية هي نتيجة لحوادث آبار النفط أو على خطوط الأنابيب والسفن والقطارات والشاحنات التي تنقل النفط من الآبار الى مصافي التكرير. فتسرب النفط يؤدي إلى تلوث التربة والمياه وربما يتسبب في انفجارات مدمرة وحرائق كبيرة لذلك لابد من تطوير المعايير والأنظمة والإجراءات المتبعة في الصناعات البترولية للحد من احتمالات وقوع الحوادث أو تسربات النفط وكذلك تطوير طرق تنظيف بقع الزيت عند حدوثها.

ومثل أنواع الوقود الحفري الأخرى، يتسبب حرق البترول في انبعاث ثاني أكسيد الكربون للغلاف الجوي، وهو ما يعتقد أنه يساهم في ظاهرة الاحترار العالمي وزيادة درجة الحرارة الكلية للأرض. وبوحدات الطاقة فإن البترول ينتج كميات CO_2 أقل من الفحم، ولكن أكثر من الغاز الطبيعي. ونظراً لدور البترول المتفرد في عمليات النقل، فإن تقليل انبعاثات CO_2 تعتبر من المسائل الشائكة في استخدامه. وتجرى محاولات لتحسين هذه الانبعاثات عن طريق احتجازها في المصانع الكبيرة أو حقنها على أعماق كبيرة في الأرض.

وخام البترول يحتوي على مركبات كيميائية عالية القيمة للإنسان فتوفيره لإنتاج هذه المواد والمركبات له أهمية قصوى بدلاً عن اهداره وحرقه مشتقاته في وسائل المواصلات وفي توليد الطاقة. وبديل البترول لإنتاج الطاقة هي مصادر الطاقة المتجددة وهي موجودة بالفعل، وإن كانت نسبة هذا الاستبدال لاتزال صغيرة. فالشمس والرياح والمصادر المتجددة الأخرى تأثيراتها على البيئة أقل كثيراً من البترول. ويمكن لهذه المصادر استبدال البترول في الاستخدامات التي لا تتطلب كميات طاقة ضخمة مثل السيارات أو الآلات الميكانيكية ويجب تصميم محركات السيارات والمعدات الأخرى لتعمل بالكهرباء باستخدام البطاريات القابلة لإعادة الشحن أو استخدام طاقة الهيدروجين عن طريق خلايا الوقود أو الاحتراق الداخلي والذي يمكن إنتاجه من مصادر متجددة. كما أن هناك خيارات أخرى تتضمن استخدام الوقود السائل الذي له أصل حيوي كالإيثانول الحيوي و الديزل الحيوي. وهناك توجه عالمي للترحيب بأية أفكار جديدة تساهم في استبدال البترول كوقود لعمليات النقل.

٢-٣ البنزين (الجازولين) والمنتجات البترولية:

البنزين هو الوقود المصنوع من النفط الخام وغيرها من السوائل النفطية. ويستخدم البنزين أساسا كوقود لمحركات السيارات ووسائل النقل. وفي الولايات المتحدة تنتج نحو ١٩ جالون من البنزين من كل برميل يحتوي ٤٢ جالون من النفط الخام الذي يتم تكريره. والمصافي والشركات التي تنتج البنزين الذي يباع في محطات البنزين قد تضيف إليه بعض السوائل المختلفة بحيث تكون عملية حرقه أقل تلويثا للبيئة والذي يلبي المعايير البيئية المطلوبة. وهناك ثلاث درجات من البنزين الذي يباع في محطات البنزين للتزود بالوقود وهي المعتاد والمتوسط الدرجة والأولي. بعض الشركات لديها أسماء مختلفة لهذه الدرجات من البنزين مثل الخالي من الرصاص والسوبر والسوبر الأولي ولكنها جميعا تشير إلى رقم الأوكتان والذي يعكس خصائص البنزين فالبنزين ذو الدرجة الأعلى في رقم الأوكتان هو الأعلى سعرا والأقل في رقم الأوكتان هو الأقل سعرا.

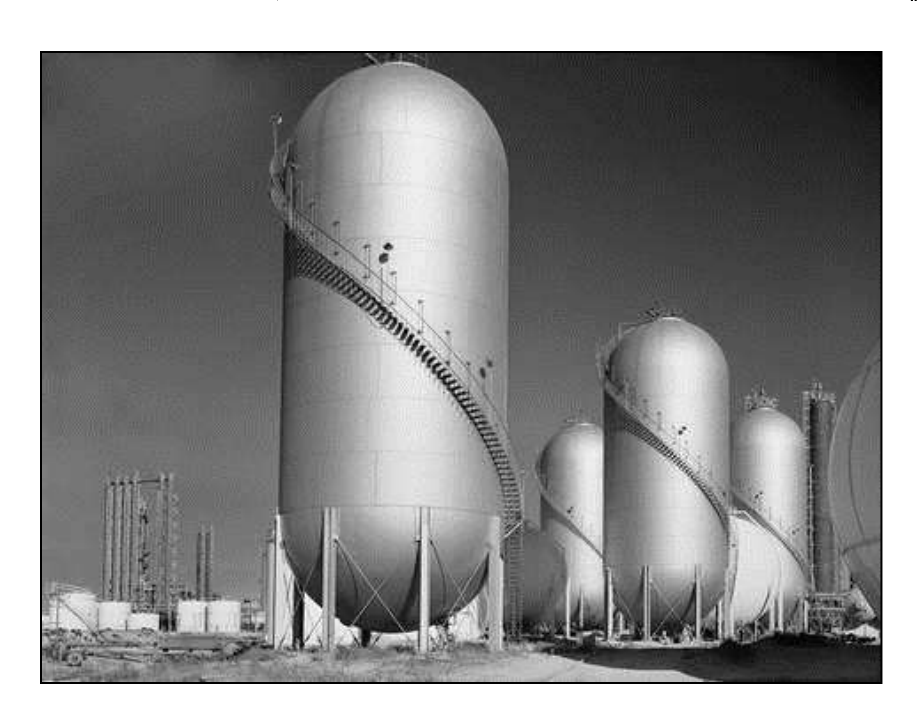
ورقم الأوكتان هو مقياس لمقدرة البنزين علي مقاومة الاحتراق المبكر وتسمى طرقات المحرك. وهذا الرقم يقاس طبقا بالمقارنة مع خليط من ثلاثي ميثيل بينتان أحد متزامرات الأوكتان وإن-هيبتان .فمثلا بنزين ٨٧ أوكتان تعني أن البنزين له كفاءة تشغيل مثل خليط من ٨٧% أيزو اوكتان و١٣% إن-هيبتان.

ووقود الطائرات هو من الوقود الأقل كثافة بين أنواع الوقود المختلفة وهو نوع معدل من أنواع البنزين. ويتم انتاج البنزين في مصافي زيت البترول الخام. وهذه الأيام يتم فصل البنزين بسهولة من الزيت الخام عن طريق التقطير ويسمي البنزين الطبيعي، ولكنه لا يكون له المواصفات المطلوبة بالنسبة للمحركات الجديدة ولكن يمكن أن يكون جزءا من المخلوط الذي يستخدم لها . وأغلبية البنزين القياسي تتكون من هيدروكربونات تتراوح أطوال سلاسلها من ٥ إلى ١٢ ذرة كربون في الجزيء . وتنتج المصافي المختلفة مكونات لها تركيب متفاوت، وعند خلطها فإنها تنتج بنزين بخصائص مختلفة. ومن أهم هذه المكونات هي:

- البنزين عالي الأوكتان ويتكون من المركبات التي تنتج عن طريق عملية الحفز ولها رقم أوكتان عالي ونسبة مكونات أروماتية عالية، ونسبة قليلة من الألكينات.
- البنزين المتكسر حفزيا أو النافثا المتكسرة حفزيا، وينتج من التكسير الحفزي، وله رقم أوكتان متوسط، ونسبة عالية من الأولفينات (الألكينات)، ومستوى متوسط من الأروماتيات.
- البنزين الطبيعي وله عديد من الأسماء، يتم الحصول عليه من الزيت الخام مباشرة وله رقم أوكتان منخفض، وقليل من المكونات الأروماتية (اعتمادا على نوع الزيت الخام، وبعض النافثانات) ألكانات حلقية ولا يحتوى على أولفينات (ألكينات) .
- ألكيلات، وتتنتج في وحدة الألكلة، ولها رقم أوكتان عالي وهي من البارافينات النقية، وغالبا ما تكون سلاسل الكربون فيها متفرعة.
- المتزامرات ولها أسماء عديدة ويتم الحصول عليها من عملية أزمرة البنزين الطبيعي لزيادة رقم الأوكتان له، وتحتوي على نسبة مركبات أروماتية وحلقات بنزين قليلة. والمصطلحات المستخدمة ليست كلها المصطلحات الصحيحة كيميائيا. وهي مصطلحات قديمة، ولكنها تستخدم حتى الآن في مجال صناعة البترول. ومعناها الفني يختلف من شركة بترول لأخرى أيضا من بلد لأخر.

وعموما فإن البنزين العادي يتكون من خليط من البرافينات(ألكانات) والنافثات (ألكان حلقي) والمركبات الأروماتية، الأولفينات أو ألكينات . وتعتمد نسبة كل منها على مصفاة الزيت الخام التي تنتج البنزين حيث أن عدد الوحدات الموجودة بكل مصفاة يختلف من واحدة لأخرى ونوع الزيت الخام المستخدم ودرجة البنزين بالنسبة إلى رقم الأوكتان.

وحاليا فإن الوقود المستخدم في كثير من الدول له حدود معينة لنسبة المكونات الأروماتية بشكل عام، وبخاصة البنزين الحلقي، وكذلك نسبة المكونات الأولفينية (الألكينات). وهذا يزيد الطلب علي البرافينات العالية الأوكتان، مثل الألكيلات، ويجبر المصافي لإضافة وحدات تنقية متقدمة . كما أن البنزين يمكن أن يحتوي على مركبات عضوية أخرى مثل الإيثر العضوي بالإضافة إلى كميات قليلة من الشوائب، وبالتحديد مركبات الكبريت، وكبريتات الهيدروجين والتي يجب أن تزال من البنزين لأنها تسبب تآكل المحركات . ويوضح **شكل (٢-١٠)** خزانات بنزين في ولاية تكساس بالولايات المتحدة المتحدة الأمريكية عام ١٩٤٢.



شكل (٢-١٠) خزانات بنزين – تكساس - الولايات المتحدة ١٩٤٢

٢-٣-١ استخدام البنزين:

في عام ٢٠١٥ كان الاستخدام اليومي للأمريكيين نحو ٣٨٥ مليون جالون من البنزين. ومعظم البنزين المستهلك استخدم في السيارات والشاحنات الخفيفة، والدراجات النارية، أيضا تم استخدامه في الطائرات الصغيرة والقوارب والزوارق، ومعدات الحدائق والبناء.

وعموما يستخدم البنزين في محركات كثيرمن المركبات والآلات كالتالي:

- سيارات النقل وسيارات الدفع الرباعي والشاحنات الخفيفة والدراجات النارية.
- المركبات الترفيهية والقوارب.
- الطائرات الصغيرة.
- المعدات والأدوات المستخدمة في البناء، والزراعة، والغابات، والمناظر الطبيعية.
- مولدات الكهرباء المتنقلة لتوفير الطاقة الكهربية في حالات الطوارئ أو في أماكن التخييم.

٢-٣-٢ البنزين والبيئة:

البنزين هو سائل سام وشديد الاشتعال والأبخرة المنبعثة منه والمواد الناتجة عندما يتم حرقه هي أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والجسيمات والتي تساهم في تلوث الهواء. أيضا حرق البنزين ينتج عنه كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون.

وتتواجد في البنزين عديد من الهيدروكربونات وخاصة الهيدروكربونات الحلقية مثل البنزين الحلقي، وهذه الهيدروكربونات مثل باقي الإضافات المقاومة لطرقات المحرك لها تأثير سرطاني. ولهذا السبب فإن التسريبات الكبيرة أو المستمرة للبنزين تسبب تهديدا على الصحة العامة للإنسان مثل حالة وصول البنزين لأي مصدر من مصادر المياه العامة. والخطر الرئيسي لتسرب البنزين يأتي من حوادث صهاريج نقل البنزين ومن التسريبات التي يمكن أن تحدث في مستودعات التخزين. ونظرا لوجود مثل هذا الخطر، فإن معظم مستودعات التخزين يتم متابعتها بصفة دورية للتأكد من عدم حدوث أية تسريبات. ونظرا لأن البنزين متطاير بطبيعته، فإن ذلك يستلزم أن تكون مستودعات التخزين وصهاريج النقل محكمة الغلق. ولكن هذا التطاير العالي للبنزين يمكنه أن يشتعل في الجو البارد بعكس الديزل. وعموما، فإنه يجب عمل قياسات معينة للسماح بالتهوية الكافية للبنزين حتى لا يرتفع الضغط في مستودعات التخزين ويظل مساوٍ للضغط خارج المستودع.

والبنزين أيضا ينتج عند احتراقه في محركات السيارات ووسائل النقل كميات كبيرة من الغازات الملوثة للبيئة. فحتى البنزين الذي لا يحتوى على مركبات الرصاص أو الكبريت، فإنه ينتج غازات ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والتي تخرج كعادم من حرق البنزين في هذه المحركات .

وبعض القوانين البيئية في الولايات المتحدة تركز علي الحد من التلوث الناتج من هذه المصادر. وقانون الهواء النظيف في الولايات المتحدة تم وضعه للحد من تلوث الهواء في الولايات المتحدة على وجة التحديد، وتم تمريره في عام ١٩٧٠ ومن ضمن بنوده تقليل نسب تلوث الهواء الجوي الصادر من استهلاك البنزين إلى الحد يلبي توصيات وكالة حماية البيئة الأمريكية **(EPA)**.

وأجهزة التحكم في الانبعاثات ومحركات الاحتراق النظيفة هي الأجهزة التي توضع على محركات سيارات الركاب أو محركات الآلات التي تعمل بالبنزين للحد من الانبعاثات والغازات الملوثة للهواء. وتوصي هيئات حماية البيئة باستخدام البنزين منزوع الرصاص، حيث أثبتت الدراسات أن الرصاص في البنزين يشكل مصدر خطورة على الصحة العامة. والابتعاد عن البنزين المحتوي على الرصاص بدأ في عام ١٩٧٦ عندما تم تركيب المحولات الحفازة في السيارات الجديدة للحد من انبعاثات ملوثات الهواء السامة. والمركبات المجهزة بمحول حفاز لا تستطيع أن تعمل بالبنزين المحتوي على الرصاص لأن وجود الرصاص في وقود يؤدي إلى ضرر وتعطل المحول الحفاز. وتم التخلص التدريجي من البنزين المحتوي على الرصاص حتى انتهى تماما من نظام الوقود الولايات المتحدة بحلول عام ١٩٩٦. وابتداء من عام ١٩٩٥ وطبقا لقانون الهواء النظيف لعام ١٩٩٠ تطلب استخدام البنزين معاد التشكيل للحد من تلوث الهواء وذلك في المناطق الحضرية التي بها تلوث كبير من ملوث غاز الأوزون في المستوى الأرضي.

ومنذ عام ٢٠٠٦ هناك توجه أن تنتج المصافي البنزين بنسبة من الكبريت أقل ٩٠% من البنزين المنتج في عام ٢٠٠٤، أيضا هناك خطط لخفض نسبة الكبريت في البنزين لأن خفض نسبة الكبريت في البنزين يعمل على تقليل مركبات الكبريت المنبعثة سواء من محركات السيارات القديمة أو الجديدة ومن ثم ليس من الضروري لأجهزة التحكم في الانبعاثات المدرجة في بعض السيارات للعمل بشكل مستمر.

تسرب البنزين يحدث في محطات الوقود كل يوم والناس تملأ خزانات السيارات للتزود بالوقود حيث يسقط البنزين على أرضيات المحطات فيتبخر وكذلك يتبخر من الخزانات المفتوحة إلى الهواء . أحيانا يحدث تسرب للبنزين أيضا من خطوط الأنابيب أو من صهاريج التخزين تحت الأرض حيث يصعب رؤية هذه التسربات وللتغلب على ذلك تستبدل صهاريج التخزين القديمة تحت الأرض لتحل محلها صهاريج تخزين مع بطانة مزدوجة كضمانة إضافية لمنع التسريبات.

ويعتبرأثير ثلاثي ميثيل البيوتيل أحد المواد الكيميائية التي تضاف للبنزين أثناء عمليات انتاجه لكي تكون عملية احتراق البنزين نظيفة لكنه مادة سامة ومؤخرا تم استبداله بالإيثانول وهو من المركبات الغير سامة.

٢-٤ وقود الديزل:

وقود الديزل أو السولار كما يُعرف في مصر وفي العراق (الجاز) وهو خليط من عدة مواد هيدروكربونية، يستخدم في محركات الديزل الشائعة في سيارات نقل البضائع والنقل العام كما تستخدم أيضا في مولدات الكهرباء، وتوجد منه أنواع تستخدم لتشغيل محركات السفن. ويرجع اسم زيت الديزل إلى الألماني رودولف ديزل مخترع محرك الديزل .ويستخدم «الديزل الحيوي» أيضا لتشغيل المحركات بطريقة محرك الديزل ولكنه يختلف عن البتروديزل في تركيبه الكيميائي .

ويستخرج زيت الديزل من زيت البترول بواسطة التقطير التجزيئي، كما يمكن استخراج وقود حيوي مشابه للديزل من الكتلة الحيوية بأسلوب يسمى تسييل الكتلة الحيوية. وللتفرقة بين النوعين قد يسمي الديزل المستخرج من النفط الخام «الديزل النفطي» أو «البتروديزل» بخلاف «الديزل الحيوي». ويوجد نوع يحتوي على نسبة أقل من الكبريت يسمى «ديزل منزوع الكبريت». وقد أصبح هذا النوع من الديزل هو الشائع في أمريكا وأوروبا منذ عام ٢٠٠٧ .

٢-٤-١ استخدامات وقود الديزل:

يستخدم وقود الديزل في محركات الديزل الموجودة في معظم الشاحنات والقطارات والحافلات والقوارب والجرارات الزراعية وآلات البناء والأوناش. وبعض السيارات والشاحنات الصغيرة لديها محركات تعمل بزيت الديزل . أيضا يستخدم وقود الديزل في محركات المولدات الكهربية لتوليد الكهرباء. ومعظم القرى النائية في بعض البلدان تستخدم مولدات الديزل للحصول على الكهرباء وكذلك العديد من المنشآت الصناعية والمباني الكبيرة والمرافق المؤسسية والمستشفيات والمرافق الكهربائية لديها مولدات الديزل كمصادر احتياطية للكهرباء والتي تمد المنشأة بالطاقة في حالات الطوارئ.

ومعظم نقل وقود الديزل يتم عبر خط أنابيب من المصافي والموانئ الرئيسية إلي محطات الديزل بالقرب من مناطق الاستهلاك .أيضا تستخدم القطارات والسفن لنقل قود الديزل من المصافي والموانئ إلي هذه المحطات ثم تستخدم شاحنات النقل الكبيرة لنقل وقود الديزل من المحطات إلى محطات الخدمة أو محطات التجزئة مثل محطات التزود بالوقود ومن ثم يصل وقود الديزل إلى المستهلكين.

ويتم إرسال وقود الديزل وغيرها من المنتجات عبر خطوط الأنابيب المشتركة في دفعات وهذه ليست دفعات منفصلة فيزيائيا في خطوط الأنابيب لكن يحدث بعض الخلط أو المزج بين هذه المنتجات لأن امكانية الاختلاط موجودة بين مشتقات النفط. كما يجب أن يتم اختبار جودة وقود الديزل وغيرها من المنتجات للتأكد من أنها مطابقة للمواصفات المطلوبة عند الدخول أو الخروج من خطوط الأنابيب . وعندما تكون المنتجات غير مطابقة للمواصفات الدولية أو المحلية فيتم نقلها بالشاحنات إلى المصافي مرة أخرى لمزيد من المعالجة، أو يمكن أن تباع على أنها منتجات مختلفة.

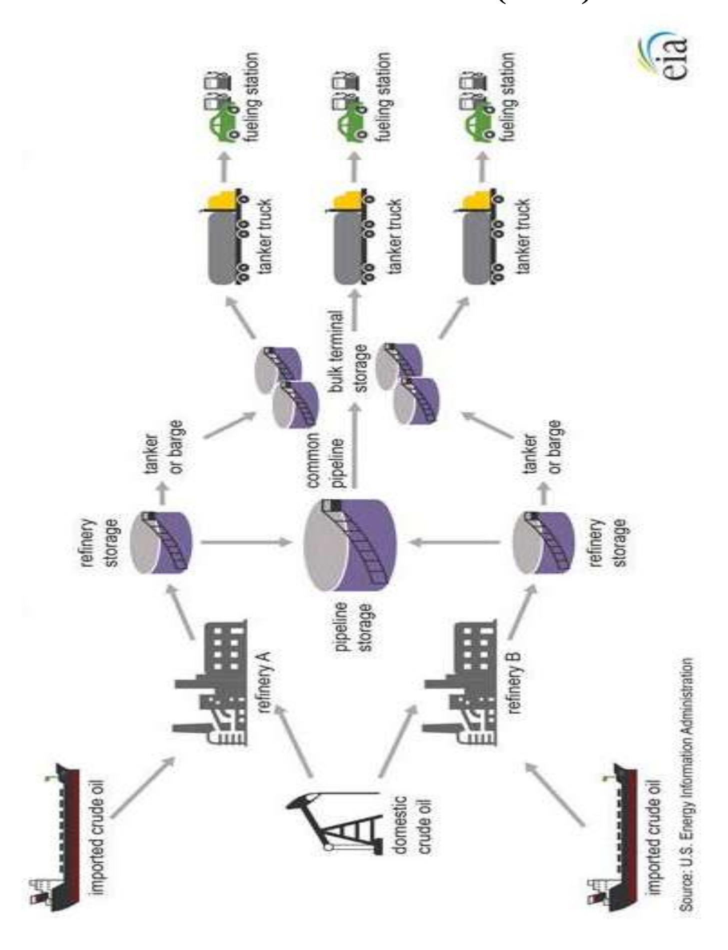
ومخترع محرك الديزل رودولف ديزل قد صمم في الأصل محرك سيارته لاستخدام غبار الفحم كوقود. ومع ذلك، كان قد جرب محركه مع الزيت النباتي وهو وقود الديزل الحيوي وقد صنع الديزل الحيوي قبل بدء صناعات البترول .

ومحركات الديزل الموجودة في الشاحنات والقطارات والقوارب وبوارج النقل تساعد في نقل معظم البضائع والمنتجات والأفراد. ويستخدم وقود الديزل عادة في الحافلات العامة والحافلات المدرسية. ويستخدم أيضا وقود الديزل في معظم المعدات الزراعية ومعدات البناء حيث تعتمد صناعة البناء والتشييد على توفر وقود الديزل. وكذلك تستخدم محركات الديزل بأمان وكفاءة في أوناش الرفع مثل روافع الدعامات الفولاذية وآلات حفر الأساسات والخنادق والآبار والأنفاق وآلات رصف الطرق ونقل التربة.

في النواحي العسكرية يستخدم وقود الديزل في الدبابات والشاحنات لأن وقود الديزل له قابلية أقل للاشتعال كذلك أقل في حالات الانفجار من أنواع الوقود الأخرى. ومحركات الديزل هي أقل تعطلا من المحركات التي تعمل بوقود البنزين. أيضا يستخدم الديزل في محركات المولدات الكهربية فالعديد من المنشآت الصناعية والمباني الكبيرة والمرافق المؤسسية والمستشفيات لديها مولدات الكهرباء الاحتياطية التي تعمل بالديزل. وشكل (٢-١١) يعرض صورة لخزان ديزل بالولايات المتحدة. وشكل (٢-١٢) يمثل مخطط مسار النفط من الانتاج حتى الاستهلاك.



شكل (٢-١١) خزان ديزل – الولايات المتحدة



شكل (٢-١٢) مخطط مسار النفط من الإنتاج حتى الاستهلاك

٢-٤-٢ الديزل والبيئة:

تعد محركات الديزل اقتصادية في استهلاك الوقود لكنها مضرة بالبيئة بسبب انبعاثاتها الكثيرة الضارة وهذا هو التحدي الذي يواجهه مهندسو صناعة السيارات في التوفيق بين الاقتصاد في النفقات والمحافظة على البيئة في نفس الوقت. يفضل الكثير من الناس استعمال سيارات بمحركات ديزل بدلا من التي تعمل بالبنزين، وهناك فائدتان اثنتان مهمتان تساهما في انتشار استعمال وقود الديزل بدلا عن البنزين.

الفائدة الأولى تكمن في أن الديزل يحتوي على طاقة أكبر من البنزين. وهذا يعني أن الديزل مفيد اقتصاديا أكثر من البنزين، وأن محركات الديزل تحتاج إلى وقود أقل من البنزين لقطع نفس المسافة.

أما الفائدة الثانية فهي انخفاض تكلفة الديزل، لأن الديزل يستخرج من زيت البترول عن طريق التقطير التجزيئي ويمكن إنتاجه بكميات كبيرة في مصافي النفط، وهو بذلك أقل كلفة مقارنة بالبنزين أوالكيروسين .

بالإضافة إلى ذلك فإن الديزل صعب الاحتراق مقارنة بالبنزين. وهذا ما يجعله أكثر أمانا ولكنه يتطلب تقنية خاصة ومحركات أكبر لحرق الوقود بضغط أعلى من المحركات التي تعمل بالبنزين.

ويطلق الديزل كمية أقل من أكسيد النيتروجين مقارنة بالبنزين، لكنه يطلق كمية أكبر من العوادم، وهي جسيمات الكربون الناتجة عن الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتبقى معلقة في الهواء وتنتج أثناء التحلل الحراري للفحم أو الخشب أو عند احتراق الديزل، وهذه المواد خطيرة جدا على صحة الإنسان وعلى البيئة وتسبب أمراض السرطان. ويمكن مشاهدة سحب سوداء من الدخان تتكون عندما يقوم المرء بالضغط على دواسة الوقود في السيارة التي تعمل بالديزل. وأغلب السيارات الحديثة تحتوي على مصاف (فلترات) خاصة لتنقية انبعاثات الاحتراق في المحركات، ويمكن لهذه المصافي تصفية العوادم وتنقيتها. وفي السنوات الأخيرة بدأت شركات السيارات بوضع مصاف في جميع موديلات سياراتها، لكنها لا تستطيع تصفية انبعاثات الديزل بصورة كاملة رغم التقدم التكنولوجي الكبير، ويمكنها تصفية نحو ٩٥ بالمائة من الانبعاثات فقط، فيما لا يمكنها وقف أكسيد النيتروجين الخطر على صحة الإنسان.

أما المحركات الحديثة التي تعمل بالبنزين، فتقوم بتقنية أخرى ويمكنها ضخ أكسيد النيتروجين إلى محرك السيارة، ولا تفرض اغلب مؤسسات حماية البيئة في العالم شروطا خاصة على السيارات التي تعمل بمحركات بنزين لحماية المستهلك والبيئة من الانبعاثات ومن أكسيد النيتروجين، كون أن هذه التكنولوجيا حديثة جدا ولا يعرف فوائدها أو أضرارها تماما بعد. أما محركات الديزل فتفرض عليها شروطا خاصة لأن أضرارها معروفة. وتكمن مخاطر أكسيد النيتروجين في أنه يسبب أمراضا خطيرة في الجسم، ويتم امتصاصه من خلال الرئتين ويتحد مباشرة مع خضاب الدم ويرفع مستوى الكربوكسيل في الدم ويخفض مستوى الأوكسجين الذي يصل إلى أعضاء الجسم، مما يعطل من عملها وقد يسبب تسمم الجسم أو أمراضا خطيرة، منها مرض السرطان.

٢-٥ زيوت التسخين:

زيوت التسخين هي المنتجات البترولية المكررة من النفط الخام في المصافي حيث تتم معالجة النفط الخام إلى أنواع مختلفة من الوقود بما في ذلك البنزين وزيت التسخين ووقود الديزل ووقود الطائرات والكيروسين، وزيت التشحيم. ويستخدم زيت التسخين لأغراض التسخين وتسخين المياه مثل الأفران والمراجل في المباني. ويعتبر في الولايات المتحدة الأمريكية كمصدر للطاقة البديلة الأكثر أهمية للمنازل التي ليس لها قدرة على التسخين باستعمال الغاز الطبيعي. وأصبح استخدام زيت التسخين هاما عندما اخترع موقد النفط في عام ١٩٢٠ وحل مكان فحم التسخين في الأماكن المغلقة، لأنه كان أرخص وأسهل في التعامل، وأفضل أيضا للبيئة. وعلى مدى العديد من السنوات الماضية، أصبح زيت التسخين أكثر فاعلية وأمنا ونظافة. توفر زيوت التسخين المنزلية حرارة يمكن لأصحاب هذه المنازل التحكم في درجتها عن طريق منظم الحرارة أو الترموستات. وعادة ما يتم تسليم زيت التسخين عن طريق شاحنة صهريج للمباني التجارية والسكنية وتخزينها في خزانات.

٢- ٦ الغاز النفطي المسال:

الغاز النفطي المسال يسمي أيضا الغاز البترولي المسال أو الغاز النفطي السائل أوغاز المكينة وهو خليط من غازات هيدروكربونية و يستخدم كوقود في أجهزة التدفئة والمركبات، وفي الآونة الأخيرة تزايد استخدامه في مقابل الغازات الكلورو- فلورو- كربونية مثل غاز الثلاجات للتقليل من الاضرار المتسببة لتقلص طبقة الأوزون .

وأنواع كثيرة من الغاز المسال تباع في السوق اعتمادا على الموسم منها المخلوط بغاز البروبان أوبغاز البيوتان، أو مخلوط بكل منهما بنسبة ٦٠% بروبان و٤٠% بيوتان. حيث يكثر الطلب على البروبان في الشتاء عكس الصيف حيث الطلب فيه على البيوتان أكثر. ويضاف إليها مادة إيثانول ذات الرائحة النفاذة لاكتشاف التسربات بسهولة.

وينتج الغاز المسال خلال عملية تكرير النفط الخام أو يستخلص من مجرى الغاز أو النفط عند الخروج من باطن الأرض . ويكون عند درجة الحرارة والضغط الطبيعيين في حالته الغازية. ولذلك يتم نقله في اسطوانات حديدية مضغوطة، ونظرا لان هذا السائل يتمدد بفعل الحرارة فلا تتم التعبئة بشكل كامل ولكن بنسبة ما بين ٨٠% إلى ٨٥% من سعتها. وتختلف نسبة حجم الغاز إلى السائل اعتمادا على التكوين الكيميائي وظروف الضغط والحرارة ولكنها بالعادة ٢٥٠ إلى ١ . ويسمى الضغط الذي يتحول عنده الغاز إلى سائل ضغط التبخر وهذا يتغير أيضا بتغير درجة الحرارة ونوع الغاز. والغاز المسال أثقل من الهواء فإنه يميل إلى التجمع في الأماكن المنخفضة مثل القبو وبالقرب من أرضية الحجرات مما قد يؤدي إلى الاختناق أثناء النوم عند تسربه، أو الاشتعال والانفجار إذا لم يتم التعامل مع ذلك بحذر .

وفي حالة تسرب الغاز المسال إلى الحجرة فيجب قبل كل شيء عدم تشغيل مفتاح النور أو أي مفتاح كهربائي، فهذا يحدث انفجارا لا تحمد عواقبه. كما يجب تجنب إشعال أي نار بالقرب من المبنى المسرب به الغاز المسال فهذا يحدث أيضا انفجارا رهيبا. وبعد ذلك يجب فتح جميع النوافذ للتهوية وترك الغاز يتسرب إلى الخارج ثم فحص سبب تسرب الغاز وقفله أو الاستعانة بالمتخصصين .

وقد تم إنتاج الغاز المسال لأول مرة سنة ١٩١٠ من قبل د. والتر سنلنج، وأول إنتاج تجاري كان سنة ١٩١٢. وحاليا يساهم الغاز المسال في تغطية ٣% من احتياجات الطاقة في الولايات المتحدة. وحين يستعمل بمحركات الاحتراق الداخلي يسمى بغاز الماكينة. وفي كثير من البلدان بدأ استعماله منذ سنة ١٩٤٠ كبديل للوقود في محركات الاشتعال ومؤخرا يستعمل لمحركات الديزل أيضا. ووفقا لتعداد عام ٢٠٠١ بالهند، 17.5 ٪ من الاسر الهندية أي ٣٤ مليون أسرة هندية تستخدم غاز البترول المسال كوقود للطهي و٦٧٪ من هذه الأسر من المناطق الحضرية. وغاز البترول المسال مدعوم من قبل الحكومة وزيادة أسعار الغاز المسال تعتبر مسألة حساسة سياسيا في الهند حيث أنها تؤثر على نمط التصويت من قبل الطبقة الوسطى بالمدن. والغاز المسال كان ذو استخدام كبير للطبخ في هونغ كونغ، ولكن مع استمرار توسع امدادات شركة «غاز المدينة» للمباني أدى الى خفض استعماله إلى اقل من ٢٤٪ من الوحدات السكنية وهو وقود الطهي الأكثر شيوعا في المناطق الحضرية في البرازيل، وتستخدمه عمليا جميع الاسر. والأسر الفقيرة تتلقى منحة حكومية تعرف باسم «فالى غاس» تستخدم حصريا لشراء الغاز المسال.

٢-٦-١ الغاز المسال والبيئة:

قد تصل حاويات الغاز المسال عند تعرضها للنار بكثافة ولمدة كافية إلى مرحلة انفجار الغاز الذي يتمدد بسبب ارتفاع درجة الحرارة. وبالنظر إلى الطابع التدميري للغاز المسال عند الانفجارات فتتصف تلك المادة انها خطره للغاية. ولهذا تهتم المصافي ومصانع البتروكيماويات على المحافظة على الحاويات الكبيرة ووقايتها من الحريق. وتتم الوقاية بتزويد تلك الحاويات بصمامات أمان تعمل على تسريب الضغط الزائد في الحاوية عند نشأته. وتوجد أنواع من الحاويات الكبيرة الأسطوانية والأفقية كما توجد حاويات كبيرة كروية الشكل قد يصل سمك جدارها إلى ١٥ سم من الحديد الصلب. وهي مجهزة بصمام تخفيف الضغط على قمتها. ومن أهم الأخطار انسكاب بعض المحروقات والتي قد تشتعل بالقرب من حاويات الغاز المسال. فإذا استمرت النار مشتعلة بالقرب من الحاوية يؤدي ذلك لغليان الغاز وتمدده وزيادة الضغط الذي قد يتجاوز قدرة صمام تنفيس الضغط الزائد. وعندما يحدث ذلك فقد تتعرض الحاوية إلى الانفجار بسرعة رهيبة وتحدث أضرارا مأساوية. في حالة الحاوية الاسطوانية قد تتمزق من الوسط فيندفع منها الغاز السائل في اتجاهين متضادين مع الكثير من الوقود حتى ينضب الوقود. ولهذا تشمل تدابير الوقاية من الحريق فصل خزانات غاز البترول المسال عن المصادر المحتملة للحريق. وفي حالة النقل بالسكك الحديدية، على سبيل المثال، يمكن الفصل بين خزانات غاز البترول المسال على مراحل، بحيث توضع عربات البضائع الأخرى بينها. وهذا ليس الحال دائما، لكنه طريقة منخفضة التكلفة لعلاج المشكلة. وهناك طريقة جديدة لوقاية حاويات الغاز المسال وهي دفن الحاوية تحت الأرض وأن تترك صمامات علوية تسهل صيانتها. ويجب توخي الحذر الشديد معها فقد يؤدي الاحتكاك البسيط إلى الاشتعال وكذلك يجب العمل على عدم تآكل جدران الحاويات وذلك بطلاء الحاويات بطبقات تتحمل الحرارة ومقاومة للاشتعال وماص للحرارة أو لصقات مضادة للنيران. وقد تتعرض حاويات الغاز المسال لتحركات كبيرة نتيجة للتمدد والانكماش، والملء والتفريغ حتى لو كانت من الصلب ذو الجدران السميكة. وهذه العملية تجعل تنفيذ دفن الحاوية خيار أقل أماناً في المدى البعيد لأن المرء لا يستطيع التكهن بالضرر الميكانيكي الخارجي الذي قد يحدث للحاوية نتيجة تسرب المياه لها من خلال التربة. ومجرد وجود حصوات وأحجار واحتكاك وتجريف ذهابا وإيابا عبر طبقة الدهان الموجودة على جدار الحاوية يمكن أن يسبب صدأها وتآكلها.

وإذا انكسرت الحاوية بأية طريقة يخرج الغاز المسال منها أولا كسائل بارد جدا. مما يعمل على تجميد أي شيء يقابله. ثم بغليانه وهو لا يزال باردا ينشئ جوا مكثفا من أبخرته يزيح الأكسجين من الجو بحيث تختنق جميع الكائنات الحية في الأماكن المحيطة. وقد يؤدي انكسار حاوية كبيرة واحدة إلى إزاحة الأكسجين عبر أميال مربعة عديدة. وبالانتشار يتخفف الغاز ويختلط بالهواء ويصبح خطرا داهما لأنه يكون مع الهواء مخلوطا غازيا قابل للاشتعال. وعندما يحدث الاشتعال تتولد كرة نارية مهولة عبر كيلومترات تبيد كل شيء فيها. لهذا فلابد من العناية برقابة ووقاية حاويات الغاز السائل. وفي **شكل (٢-١٣)** صورة لأحدى الناقلات البحرية للغاز النفطي المسال.



شكل (٢-١٣) ناقلة بحرية للغاز النفطي المسال

٢-٧ متكثف الغاز الطبيعي:

متكثف الغاز الطبيعي هو خليط منخفض الكثافة من عدة سوائل هيدروكربونية توجد على شكل غازات في الغاز الطبيعي الخام المستخلص من العديد من حقول الغاز الطبيعي. و تتكثف هذه المواد من الغاز الخام عندما تنخفض حرارته تحت نقطة الندى الهيدروكربونية لذلك الغاز .

وغالبا ما يشار إلى متكثف الغاز الطبيعي باسم المتكثف أو متكثف الغاز وأحيانا يشار إليه باسم البنزين الطبيعي لاحتوائه على هيدروكربونات ذات درجات غليان توافق درجات غليان المواد المكونة للبنزين. وقد ينتج الغاز الطبيعي الخام من أحد مصادر ثلاثة وهي:

- آبار النفط الخام ويعرف الغاز المستخلص في هذه الحالة باسم الغاز المصاحب .وقد يوجد الغاز منفصلا عن النفط الخام في الآبار التحتية أو ذائبا فيه.
- آبار الغاز الجاف وتنتج هذه الآبار عادة غازا جافا لا يحتوي أية سوائل هيدروكربونية. ويعرف هذا الغاز باسم الغاز غير المصاحب.
- آبار المتكثف وتنتج هذه الآبار غازا خاما محتويا على الغاز الطبيعي السائل. ويعرف هذا الغاز أيضا بالغاز غير المصاحب.

٢-٧-١ مكونات متكثف الغاز الطبيعي:

هناك المئات من حقول الغاز حول العالم لكل منها مكونات مختلفة لمتكثف الغاز. لكن هناك خصائص عامة لمتكثف الغاز، فكثافته النوعية تتراوح بين ٠,٥ إلى ٠,٨ وقد يحتوي على :

- كبريتيد الهيدروجين.
- ثيولات تعرف عادة بالمركبتانات ويرمز لها برمز **RSH** حيث يعبر الحرف **R** عن مجموعة عضوية كالميثيل والإيثيل وغيرها.
- ثاني أكسيد الكربون.
- ألكانات غير متفرعة تحتوي على ٢ إلى ١٢ ذرة كربون.
- هكسان حلقي وأحيانا ألكانات حلقية أخرى.
- مركبات عطرية كالبنزين والتولوين والزايلين والإيثيل بنزين.

٢-٨ الغاز الطبيعي:

الغاز الطبيعي هو أحد مصادر الطاقة البديلة عن النفط وهو من المحروقات عالية الكفاءة قليلة الكلفة قليلة الانبعاثات الملوثة للبيئة نسبيا. والغاز الطبيعي مورد طاقة أوليّة مهمة للصناعة الكيمياوية .

ويتكون الغاز الطبيعي من العوالق، وهي كائنات مجهرية تتضمن الطحالب والكائنات الأولية التي ماتت وتراكمت في طبقات المحيطات والأرض وانضغطت هذه البقايا تحت طبقات رسوبية. وعبر آلاف السنين أدى الضغط والحرارة الناتجان عن الطبقات الرسوبية بتحويل هذه المواد العضوية إلى غاز طبيعي. ويعتبر الغاز الطبيعي خليط من الغازات الهيدروكربونية القابلة للاحتراق حيث يتكون أساساً من الميثان، كما يمكن أن يشمل الإيثان والبروبان والبيوتان والبنتان. وتكوين الغاز الطبيعي يمكن أن يتفاوت على نطاق واسع.

ولا يختلف الغاز الطبيعي في تكوينه كثيراً عن أنواع الوقود الحفري الأخرى مثل الفحم أو البترول. وحيث أن البترول والغاز الطبيعي يتكونان في نفس الظروف الطبيعية فإن هذين المركبين الهيدروكربونين عادةً ما يتواجدان معاً في حقول تحت الأرض أو تحت الماء. وعموماً فإن الطبقات الرسوبية العضوية المتواجدة في أعماق تتراوح بين **1000** إلى ٦٠٠٠ متر عند درجات حرارة تتراوح بين ٦٠ إلى ١٥٠ درجة مئوية تنتج بترولاً. بينما تلك الطبقات الموجودة عند أعماق أكبر وعند درجات حرارة أعلى فإنها تنتج غاز طبيعي. وكلما زاد عمق المصدر كلما كان أكثر جفافاً (أي تقل نسبة المتكثفات في الغاز. وبعد التكون التدريجي في القشرة الأرضية يتسرب الغاز الطبيعي والبترول ببطء إلى حفر صغيرة في الصخور المسامية القريبة التي تعمل كمستودعات لحفظ الخام، ولأن هذه الصخور تكون عادةً مملوءة بالمياه، فإن البترول والغاز الطبيعي – وكلاهما أخف من الماء وأقل كثافة من الصخور المحيطة – ينتقلان لأعلى عبر القشرة الأرضية لمسافات طويلة أحياناً. وفي النهاية تُحبس بعض هذه المواد الهيدروكربونية المنتقلة لأعلى في طبقة لا مسامية (غير منفذة للماء) من الصخور تُعرف بـ صخور الغطاء ولأن الغاز الطبيعي أخف من البترول فيقوم بتكوين طبقة فوق البترول تسمى غطاء الغاز .ولابد أن يصاحب البترول غاز يسمى بالغاز المصاحب ، كذلك تحتوى مناجم الفحم على كميات من الميثان المُكون الرئيسي للغاز الطبيعي وفي طبقات الفحم الرسوبية يتشتت الميثان غالباً خلال مسام وشقوق المنجم، يسمى هذا النوع عادة بميثان مناجم الفحم .

والغاز الطبيعي عديم اللون والشكل ولا رائحة له في صورته النقية وعندما يحترق فإنه يعطي قدرا كبيرا من الطاقة. خلافا لبقية أنواع الوقود الحفري، إلا أن الغاز الطبيعي هو أيضا نظيف وعند حرقه تنبعث منه مستويات أدني من مركبات يحتمل أن تكون ضارة في الهواء. ونحن بحاجة للطاقة باستمرار، لتدفئة منازلنا، وطهي طعامنا، وتوليد الكهرباء لدينا. هذه هي حاجتنا من الطاقة، ولذلك ارتقى الغاز الطبيعي لمثل هذا المستوى من الأهمية في حياتنا.

ونظراً لارتفاع المستوى المادي للبشر في العالم فقد زاد استهلاكهم من الطاقة بشدة من أجل تسيير السيارات التي تحملهم لأعمالهم، ومن أجل انتاج الكهرباء التي صارت لا غِنى عنها في الحضارة البشرية الحديثة، وأغراض كثيرة بخلاف ذلك. وحيث أن مصادر الطاقة في العالم ناضبة وغير متجددة يُعرَّف الاحتياطي المؤكد من البترول أو الغاز الطبيعي لحقل ما بأنه الكمية القابلة للاستخلاص على مدى عمر الحقل في ظل التكنولوجيا والاعتبارات الاقتصادية السائدة. وطبقاً لتعريف مجلة البترول والغاز الأميركية المتخصصة يتم تعريف الاحتياطي المؤكد من الغاز الطبيعي بأنه الكميات التي يمكن استخراجها في ظل ما هو معروف حالياً من الأسعار والتكنولوجيا. أما هيئة سيديجاز الفرنسية فتُعرِّفه بأنه الكميات المكتشفة التي يتأكد بقدر معقول من اليقين إمكانية إنتاجها في ظل الظروف الاقتصادية والفنية السائدة. ويُعدّ التعريف الأول الأكثر تحفظاً لذا نجد أن احتياطيات الغاز الطبيعي العالمية في أول يناير عام ١٩٩٩ طبقاً لتقدير مجلة البترول والغاز تقل بنسبة ٧ % عن تقديرات سيديجاز، بل إن احتياطيات الغاز الطبيعي لمنطقة الشرق الأقصى كانت طبقاً للمجلة تقل بنسبة **30 %** عن تقديرات سيديجاز. وكلا التعريفين يخضع للتقدير الشخصي أكثر منه لمعايير موضوعية ثابتة يمكن قياسها بدقة. لذا نجد بعض الدول تلجأ للمبالغة في تقدير ما لديها من احتياطيات وتسميها بالمؤكدة لأسباب كثيرة سياسية واقتصادية كالرغبة في الاقتراض بضمان ثروتها البترولية والغازية. وكما أن شركات البترول العالمية تميل أحياناً للمبالغة في التقديرات بهدف تقوية مراكزها المالية أو لتبرر قيامها بالإنتاج بوفرة. أو لتبرير إمكانية التصدير لخارج الدول المنتجة. ومن أمثلة عدم دقة حسابات احتياطيات الثروة البترولية ما قامت به المكسيك من خفض احتياطاتها المؤكدة من الغاز الطبيعي بأكثر من النصف من ٦٤ تريليون قدم مكعب عام ١٩٩٩ إلى ٣٠ تريليون قدم مكعب في عام ٢٠٠٠. وأيضاً قيام بريطانيا في التسعينات بخفض احتياطاتها المؤكدة من البترول بنفس القدر. ويصل إجمالي احتياطات الغاز الطبيعي في العالم طبقاً لأرقام عام ٢٠٠٥ لحوالي ٦١١٢ تريليون قدم مكعب وأكبر احتياطي للغاز الطبيعي في العالم يوجد في روسيا الاتحادية ويبلغ قدره ١٦٨٠ تريليون قدم مكعب. ويوضح شكل (٢-١٤) صورة لمحطة انتاج غاز طبيعي.

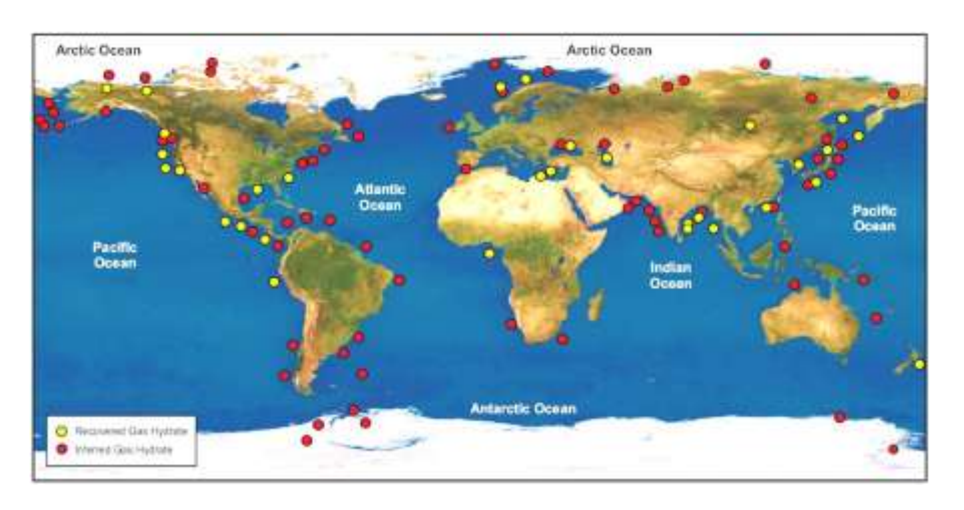


شكل (٢-١٤) محطة إنتاج غاز طبيعي

ويستخرج الغاز الطبيعي من آبار شبيهة بآبار النفط. ويصنف الغاز الطبيعي إلى غاز مصاحب وغاز غير مصاحب. فإذا تواجد الغاز الطبيعي مع النفط في نفس الحقل سمي بالغاز المصاحب. وإذا كان الحقل يحتوي فقط على الغاز الطبيعي دون النفط سمي بالغاز غير المصاحب. وتقام الكثير من محطات الغاز على مسافة من الشواطئ حيث يتم نقل الغاز بالأنابيب من منصات الإنتاج إلى محطة تجميع على الشاطئ ومنها إلى معمل تكرير الغاز حيث ينقّى من الشوائب والمركبات غير المرغوب فيها. وتوجد حقول الغاز سواء في البحار أو اليابسة .

وتتم معالجة الغاز الطبيعي عبر عمليات كيميائية وفيزيائية مختلفة وذلك اعتمادا على تركيب الغاز الطبيعي. وبالرغم من تكون الغاز من مركبات هيدروكربونية خفيفة لكن قد يحتوي على مركبات غير مرغوب فيها مثل مركبات الكبريت والزئبق والماء وغيرها. وهذه المركبات يجب التخلص منها أو خفض تركيزاتها إلى المستويات المحددة عالميا . وفي مرحلة التنقية الأولى، يزال الماء أو أي سوائل أخرى من الغاز في وحدة إزالة السوائل. ثم يتم إزالة الغازات الحمضية من الغاز في وحدة إزالة الغازات الحمضية. ويتم تجفيف الغاز مرة أخرى ثم بعد ذلك يرسل غاز الميثان إلى السوق لمحطات التوزيع أو محطات توليد الطاقة أو غيرها. أما مكونات الغاز الأثقل مثل الإيثان والبروبان والبيوتان فيتم تسييلها على شكل غاز مسال. ويسوق الغاز المسيل كمواد أولية لتصنيع البتروكيماويات أو يعبأ كوقود للسخانات ومواقد الطبخ في المنازل .وما يتبقى من الغاز الطبيعي يمكن ضخه عبر شبكة امداد أو يمكن تسييله بالتبريد والضغط وتسويقه كغاز طبيعي مسيّل .

وينقل الغاز الطبيعي بأنابيب كبيرة من محطة الانتاج إلى محطات التوزيع. والطلب على الغاز الطبيعي يتقلب يوميا وموسميا، في حين أن واردات الإنتاج وخطوط الأنابيب ثابتة نسبيا على المدى القصير. وتخزين الغاز الطبيعي خلال فترات انخفاض الطلب يساعد على ضمان أن إمداداته تكون كافية ومتاحة خلال فترات ارتفاع الطلب. ويتم تخزين الغاز الطبيعي بكميات كبيرة في منشآت تحت الأرض وبكميات صغيرة في خزانات فوق الأرض وتحتها. وشكل (٢-١٥) يعرض خريطة انتاج واحتياطي الغاز الطبيعي في العالم.



شكل (٢-١٥) خريطة إنتاج واحتياطي الغاز الطبيعي في العالم.

٢-٨-١ استخدامات الغاز الطبيعي:

يستخدم قطاع الطاقة الكهربائية من الغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء. ويستخدم القطاع الصناعي الغاز الطبيعي كوقود للتدفئة ولأنظمة الحرارة والطاقة معاً وكمادة خام لإنتاج المواد الكيميائية والأسمدة، والهيدروجين . وفي عام ٢٠١٥، كان الغاز الطبيعي المصدر من حوالي ٣٠٪ من استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي الأمريكي.

ويستخدم القطاع السكني الغاز الطبيعي لتدفئة المباني والمياه ولطهي الطعام ولتجفيف الملابس وما يقرب من نصف المنازل في الولايات المتحدة تستخدم الغاز الطبيعي لهذه الأغراض .

كما يستخدم قطاع نقل الغاز الطبيعي كوقود للتشغيل والضواغط التي تتحرك بالغاز الطبيعي عبر خطوط الأنابيب .وهناك كمية صغيرة نسبيا من الغاز الطبيعي تستخدم كوقود في السيارات في شكل غاز مضغوط أوالغاز الطبيعي المسال.

٢-٨-٢ الغاز الطبيعي في مصر:

في يناير ٢٠١٦، بلغ انتاج مصر اليومي من الغاز ٤,٥ بليون قدم مكعب وهو ما يقل عن إجمالي احتياج مصر في مارس ٢٠١٧ البالغ ٦,٤ بليون قدم مكعب يومياً (بدون استخدام مصادر أخرى مثل المازوت والنفط). وينمو الطلب على الطاقة في مصر بمعدل ١٣% سنوياً.

وتعد مصر من أولى دول الشرق الأوسط التي يكتشف فيها النفط والذي تحقق في أواخر القرن التاسع عشر، أما بالنسبة للغاز الطبيعي فقد اكتشف أول حقل للغاز في منطقة أبو ماضي في دلتا النيل عام ١٩٦٧ من قبل شركة بلاعيم للبترول وهي شركة مشتركة بين الهيئة المصرية العامة للبترول والشركة الدولية للنفط، وحدث أول اكتشاف غازي بحري في أبو قير في البحر الأبيض المتوسط عام **1969**. تلا ذلك تحقيق عدة اكتشافات منها في القرعة، وقنطرة ١، وخلال١، وناف، وبورفؤاد، وقار، وقرش. وتعد منطقة البحر المتوسط المنطقة الواعدة في تحقيق الاكتشافات الغازية وعلى الأخص في المياه العميقة، والتي تم فيها اكتشاف حقول، رشيد، سافرون، سيميان، كنج مريوط، واكتشافات أخرى في منطقة الصحراء الغربية وأهمها القصر، الأبيض ومطروح.

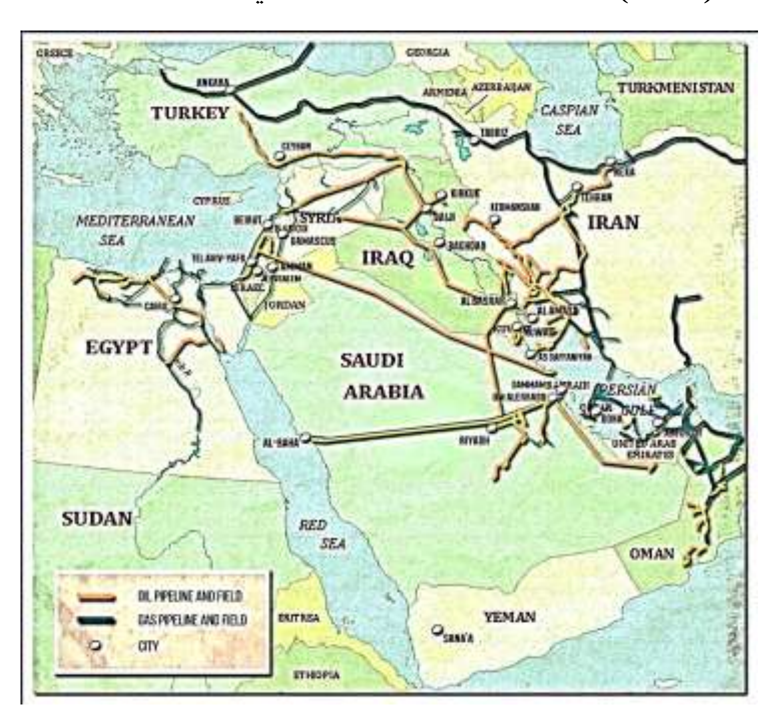
وقد تم اكتشاف حقل أبى الغرانيق في الصحراء الغربية في عام ١٩٧١، وأدت النتائج المُشجِّعة لتلك المرحلة المبكرة لتوسع عمليات البحث في الدلتا والصحراء الغربية وفي مياه البحر المتوسط التي بدأت الاستكشافات الأولية فيها عام ١٩٧٥، إلا إنه لم تبدأ حملات الاستكشاف المكثفة هناك قبل عام ١٩٩٥ لتقود للعديد من أكتشافات الغاز البحرية منذ عام ١٩٩٨ وحتى الآن.

وقد ساهمت هذه الاكتشافات إلى حد كبير في زيادة احتياطي الغاز الطبيعي وزيادة انتاجه اليومي مما ساعد على دخول مصر قائمة الدول المصدرة للغاز المسال وكذلك تصدير الغاز الطبيعي للدول العربية المجاورة من خلال مشروع الخط الغاز العربي وفي الوقت نفسه تعمل مصر على الموازنة بين الطلب المحلي المتزايد والتصدير.

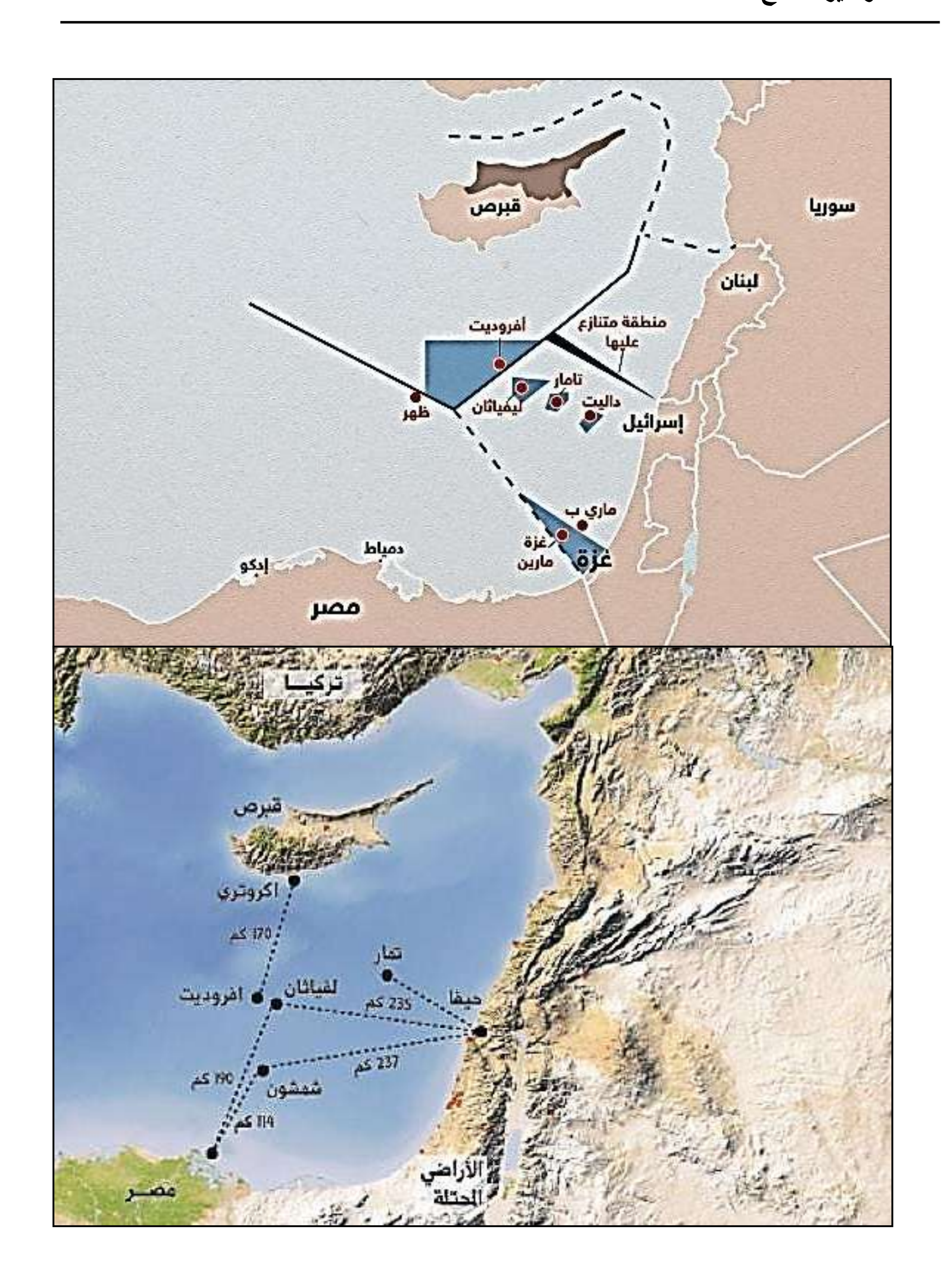
ويذكر بعض المؤرخين أن استخدام البترول الخام بدأ في مصر منذ عهد الفراعنة كوقود للإضاءة في المصابيح كما يتضح على جدران المعابد، وكان أول مسح جيولوجي في مصر. لم يُكتَشف الغاز الطبيعي بكميات تصلح للاستغلال التجاري إلا في عام ١٩٦٧ حين اكتُشِفَ حقل أبو ماضي في وسط الدلتا الذي كان بداية الاستكشافات الكبرى للغاز الطبَيعي في مصر.

وبلغ إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي من الحقول في مصر حوالي ٢١٣٥ مليار قدم مكعب خلال عام ٢٠٠٧، تم توجيه حوالي ١٥١٩ مليار قدم مكعب منها للوفاء باحتياجات السوق المحلي بنسبة ٧١,٢% يستخدم منها حوالي ١٦٨ مليار قدم مكعب لعمليات الرفع والحقن بالغاز في الحقول واستخلاص مشتقات الغاز، وتم توجيه حوالي ٦١٥ مليار قدم مكعب للتصدير بنسبة ٢٨,٨ %. وفي **شكل (٢-١٦)** خريطة خطوط النفط والغاز الطبيعي في الشرق الأوسط.

أما **شكل (٢-١٧)** يعرض خريطة حقول الغاز في البحر المتوسط.



شكل (٢-١٦) خريطة خطوط النفط والغاز الطبيعي في الشرق الأوسط.



شكل (٢-١٧) خريطة حقول الغاز في البحر المتوسط

٢-٨-٣ الغاز الطبيعي والبيئة:

الغاز الطبيعي لديه العديد من الصفات التي تجعله أعلى كفاءة، ونظيف نسبياً، ومصدر اقتصادي كبير للطاقة. ومع ذلك هناك قضايا البيئة والسلامة المرتبطة بإنتاج واستخدام الغاز الطبيعي.

وحرق الغاز الطبيعي لإنتاج الطاقة يؤدي إلى إنبعاث أنواع من الملوثات مثل ثاني أكسيد الكربون لكن بنسبة أقل من الانبعاثات الناتجة عند حرق المصادر الأحفورية الأخرى كالفحم أو المنتجات النفطية . وميزة الحرق النظيف نسبياً للغاز ساهمت في زيادة استخدام الغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء وزيادة استخدام الغاز الطبيعي كوقود للنقل.

ويتكون الغاز الطبيعي في معظمه من الميثان والذي هو أحد الغازات الدفيئة لذلك فإن تسرب بعض الغاز الطبيعي إلى الغلاف الجوي والناتج من آبار النفط والغاز الطبيعي وصهاريج التخزين أو خطوط الأنابيب ومحطات المعالجة يؤدي ذلك إلى زيادة في ظاهرة الاحتباس الحراري. وفي عمليات إنتاج النفط والغاز الطبيعي تتم محاولة منع تسرب الغاز الطبيعي .وفي بعض مناطق الانتاج تكون كمية الغاز قليلة وعملية نقل الغاز غير مجدية اقتصاديا فيتم اشعال وحرق الغاز في مواقع الآبار ويعتبر هذا أكثر أمناً من إطلاق غاز الميثان في الغلاف الجوي حيث أن غاز ثاني أكسيد الكربون أقل كثيرا في زيادة الاحتباس الحراري من الميثان.

وعند استكشاف الجيولوجيين لإحتياطي الغاز الطبيعي تحت الأرض، فإنهم قد يضطروا إلى إزالة الغطاء النباتي والتربة لعمل طرق لسيارات النقل والشاحنات. فبئر للغاز الطبيعي المستكشف على الأرض يتطلب تجهيز المنطقة المحيطة وتركيب معدات الحفر وأنشطة الحفر ينتج منها بعض ملوثات الهواء ويضر ذلك بالحياة البرية والموارد المائية . ونظرا للحاجة إلي خطوط أنابيب لنقل الغاز الطبيعي من الآبار فذلك يتطلب عادة حفر الأراضي لدفن هذه الأنابيب. وإنتاج الغاز الطبيعي يمكن أن يؤدي أيضا إلى إنتاج كميات كبيرة من المياه الملوثة .هذه المياه لابد من التعامل معها بشكل صحيح وتخزينها ومعالجتها بحيث لا تلوث الأرض أوالمياه النقية.

وعلى الرغم من أن الغاز الطبيعي الذي يستخدمه الناس كوقود تتم معالجته بحيث يكون إساسا الميثان والغاز الطبيعي غير المعالج قد يحتوي على العديد من المركبات الأخرى، بما في ذلك كبريتيد الهيدروجين، وهو غاز سام جداً فمع التركيزات العالية من كبريتيد الهيدروجين وأثناء حرق الغاز الطبيعي ينتج ثاني وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، والعديد من المركبات الأخرى اعتمادا على التركيب الكيميائي للغاز الطبيعي. وغالبا ما تستخدم المحركات لتشغيل المعدات والضواغط التي تنتج ملوثات للمياه إضافة إلي التلوث الضوضائي. وتقنيات الحفر الحديثة للغاز الطبيعي خفضت من نسب هذا التلوث الناتج في المنطقة المحيطة بحقل الغاز. وكذلك تقنيات الحفر الأفقي والاتجاهي تجعل من الممكن إنتاج الغاز الطبيعي أكثر من بئر واحد بخلاف ما كان عليه في الماضي ولذلك تكون الحاجة لعدد أقل من الآبار لتطوير حقل الغاز الطبيعي. كما أن التكسير الهيدروليكي في الصخر والحجر الرملي والتكوينات الصخرية الكربونية تكشف احتياطيات كبيرة من الغاز الطبيعي التي كانت في السابق مكلفة للغاية للقيام بها.

والتكسير ينطوي على ضخ السوائل تحت ضغط عال في البئر لكسر الصخور، والتي تسمح للغاز الطبيعي للهروب من الصخور، لكن هناك بعض المخاوف البيئية المحتملة المرتبطة بإنتاج الغاز الطبيعي باستخدام هذه التقنية حيث أن شق الآبار يتطلب كميات كبيرة من المياه .وفي بعض الأماكن استخدام كميات كبيرة من المياه لإنتاج الغاز الصخري قد يؤثر على توافر المياه للاستخدامات الأخرى في هذه المنطقة وتؤثر على المصادر المائية بها. وأحيانا سوائل التكسير الهيدروليكية قد تحتوي على بعض المواد الكيميائية الخطرة التي قد تنطلق من انسكاب أو تسرب السائل نتيجة التركيبات الخاطئة أو الحفر مما يؤثر على المنطقة المحيطة.

والتكسير الهيدروليكي ينتج أيضا كميات كبيرة من مياه الصرف والتي تحتوي على مواد كيميائية مذابة وبعض الملوثات الأخرى التي تحتاج إلى عمليات معقدة من المعالجة قبل التخلص منها أو إعادة استخدامها . ووفقا لهيئة المسح الجيولوجي الامريكية عملية التكسير الهيدروليكية تسبب زلازل صغيرة ولكن هذه الزلازل دائما أصغر من أن تشكل مصدرا للقلق. وعند استخراج الغاز الطبيعي فإن سوائل التكسير والمياه المياه المستخدمة تعود إلى السطح ويتم التخلص منها في كثير من الأحيان من عن طريق الحقن في الآبار العميقة. وحقن المياه العادمة إلى باطن الأرض يمكن أن يسبب خلل في توازن الطبقة الصخرية وتحدث زلازلا كبيرة بما فيه الكفاية لتسبب أضرارا بالإنسان والمنطقة الحادث بها الزلزال.

وأحيانا يتسرب الغاز الطبيعي إلي الغلاف الجوي أثناء وبعد حفر الآبار وتسرب الغاز الطبيعي يمكن أن يسبب اشتعاله وانفجاره في الهواء. وهناك لوائح حكومية صارمة ومعايير صناعة يجب العمل بها لضمان نقل وتخزين وتوزيع واستخدام آمن للغاز الطبيعي. والغاز الطبيعي ليس له رائحة وشركات الغاز الطبيعي تضيف مادة ذات رائحة قوية للغاز الطبيعي بحيث يمكن للناس أن تشعر به عند التسرب .

٢-٩ الفحم:

يُعد الفحم من وسائل إنتاج الطاقة الرئيسيّة في العالم، كما يُعدّ مقياساً لتطوّر الدول وتقدمها، وقد اكتشفه الإنسان منذ قديم الزمان وسخّره لخدمته .ويتكوّن الفحم بشكل أساسي من عنصر الكربون مع وجود بعض العناصر القليلة الأخرى. ويوجد نوعان أساسيّان من الفحم حسب طريقة التكوّن ونوعيّة المواد الموجودة فيه وهما الفحم الحجري، والفحم النباتي .

٢-٩-١ الفحم الحجري:

الفحم الحجري، صخر أسود أو بني اللون قابل للاشتعال والاحتراق. وعند احتراق الفحم الحجري فإنه يعطي طاقة على شكل حرارة. ويمكن استعمال الحرارة الصادرة عن احتراق الفحم الحجري في تدفئة المنازل، وفي عمل منتجات عديدة مختلفة. ولكن الاستخدام الأساسي لهذه الحرارة هو في إنتاج الكهرباء في محطات توليد الطاقة الكهربية. وتعطي معامل إنتاج الطاقة باحتراق الفحم الحجري ثلثي الكهرباء المستهلكة في العالم. ويستعمل الفحم الحجري كذلك في إنتاج فحم الكوك وهو مادة خام أساسية في صناعة الحديد والفولاذ. وتنتج مواد أخرى عن عملية إنتاج فحم الكوك، يمكن استعمالها بدورها في صناعة بعض المنتجات كالأدوية والأصباغ والأسمدة.

وكان الفحم الحجري في فترة ماضية المصدر الرئيسي للطاقة في جميع البلدان الصناعية. وقد أنتجت المحركات العاملة بالبخار الناتج عن احتراق الفحم الحجري معظم القدرة اللازمة لهذه البلدان منذ بداية القرن التاسع عشر وحتى القرن العشرين. ومنذ بداية القرن العشرين، أصبح النفط والغاز الطبيعي المصدرين الرائدين للطاقة في معظم أرجاء العالم. وعلى نقيض الفحم الحجري. فإن النفط يحول إلى مواد وقود أخرى لازمة لتشغيل وسائل المواصلات الحديثة. وقد حل استعمال الغاز الطبيعي محل الفحم الحجري لتوليد الطاقة الحرارية. ولكن يجرى حاليًا استهلاك موارد العالم من النفط والغاز الطبيعي بسرعة. وإذا ما استمر الاستهلاك بالمستوى الحالي فإن موارد النفط قد تستهلك وتنضب في منتصف القرن الحادي والعشرين. كما أن موارد الغاز الطبيعي ستنضب بدورها في أواخر القرن الحادي والعشرين. أما مصادر العالم من الفحم الحجري فهي باقية ومستمرة إلى حوالي **220**سنة مقبلة وذلك وفق معدلات الاستهلاك الحالية.

وقد يسدُّ الاستعمال المتنامي للفحم الحجري في إنتاج الكهرباء، بشكل خاص، النقص المتزايد لكل من الغاز والنفط. ومع ذلك فإن استعمال الفحم الحجري يحمل في طياته مشاكل من نوع خاص، إذ أن احتراقه يشكل سببًا رئيسيًا لتلوث الهواء. وقد طُوِّرت وسائل عديدة للتقليل من التلوث ولكنها مكلفة ولم تثبت جدواها حتى الآن. ولابد من تحسين هذه الطرق والأساليب قبل التوسع الكبير في استعمال الفحم الحجري. وبالإضافة لهذا فإن بعض الفحم الحجري يوجد عند أعماق كبيرة تحت سطح الأرض، حيث يصعب استخراجه.

وفي الماضي كانت الوظائف التي تعد أكثر خطورة وصعوبة من وظيفة عامل في منجم فحم حجري تحت سطح الأرض قليلة. ففي القرن التاسع عشر الميلادي كان على العديد من عمال المناجم أن يعملوا عشر ساعات يوميًا تحت الأرض ولمدة ستة أيام كل أسبوع. وقد كانت المعاول هي الأدوات الوحيدة التي تستعمل في تكسير وتفتيت الفحم الحجري. وكان على عمال مناجم الفحم الحجري أن يجرفوا الفحم الحجري المتفتت ويحملوه في عربات. وفي حالات عديدة كان الأطفال دون سن العاشرة يجرُّون عربات الفحم الحجري من المناجم. كما عملت النساء في عمليات التحميل والنقل بالعربات. ومع مرور الزمن فقد الآلاف من الرجال والنساء والأطفال حياتهم في حوادث المناجم. كما مات آلاف آخرون جرّاء إصابتهم بأمراض الرئتين بسبب استنشاق رماد الفحم الحجري طوال حياتهم العملية في المناجم.

وتُنفذ الآلات هذه الأيام معظم الأعمال في مناجم الفحم الحجري، كما تحسنت إجراءات الأمان في المناجم، وقلّت ساعات العمل، وتم حظر تشغيل الأطفال في المناجم قبل نهاية القرن التاسع عشر الميلادي. وانخفضت نسبة الوفيات بسبب حوادث المناجم بصورة كبيرة في القرن العشرين. وفي كل هذه الأحوال فإن مهنة تعدين الفحم الحجري من مناجمة مازالت مهنة المخاطر. و**شكل (٢-١٨)** يعرض صورة للفحم الحجري.



شكل (٢-١٨) فحم حجري

٢-٩-٢ تاريخ الفحم الحجري وتطور انتاجه:

لا أحد يعرف أين ومتى اكتشف الإنسان أن احتراق الفحم الحجري يصدر حرارة. وربما تم هذا الاكتشاف بصورة مستقلة أو بشكل انفرادي في أجزاء عديدة مختلفة من العالم منذ أزمنة بعيدة. ويذكر أن الصينيون أول من طوّر صناعة الفحم الحجري. وبحلول القرن الرابع الميلادي، كان الصينيون قد بدأوا تعدينه من رواسبه السطحية، ومن ثم استعملوه في تدفئة المنازل وصهر المعادن. وفي القرن الحادي عشر الميلادي أصبح الفحم الحجري الوقود الرئيسي في الصين.

وتقدم تعدين الفحم الحجري بهدف التجارة والكسب ببطء أكثر في أوروبا. فخلال القرن الثالث عشر الميلادي بدأ إنشاء عدد من مناجم الفحم الحجري التجارية في إنجلترا وفيما يسمى الآن ببلجيكا. وكان الفحم الحجري يُستخرج من مناجم صغيرة مكشوفة حفرت لهذا الغرض، ومن ثم يتم استعماله أساساً في عمليات صهر وطرْق المعادن. وقد اعتبر بعض الأوروبيين الفحم الحجري وقوداً ملوثاً ورفضوا استخدامه.

وخلال القرن السادس عشر الميلادي، استهلكت المصانع في إنجلترا كميات كبيرة من الفحم النباتي في مصانع بعض المنتجات كالطوب والزجاج وملح الطعام والصابون. وكان الخشب والفحم النباتي المصنوع منه هما الوقودين المفضلين في أوروبا حتى بداية القرن السابع عشر الميلادي. وأثناء هذه الأعوام حصل نقصان حاد للخشب في غربي أوروبا، لهذا عمدت أقطار أوروبا الغربية وخاصة إنجلترا إلى زيادة إنتاجها من الفحم الحجري بشكل مكثف للتغلب على أزمة نقصان مادة الوقود، حيث أصبح الخشب نادراً جداً في إنجلترا، إلى درجة أن معظم المصانع لم تجد بُدًا من التحول إلى الفحم الحجري. وفي نهاية القرن أنتجت إنجلترا حوالي ٨٠% من مجموع إنتاج العالم من الفحم الحجري. وبعد ذلك بقيت إنجلترا الرائدة في إنتاج الفحم الحجري لفترة حوالي مائتي عام.

وقد استُعمل الفحم النباتي على نطاق واسع في إنجلترا وقودًا في عمليات تجفيف المَلْتْ وهو الشعير المنقوع في الماء والذي يشكل المادة الأساسية في شراب الجعة أي الخمر. وحاول منتجوا الجعة استعمال الفحم الحجري في هذه العملية ولكن الملت كان يمتص غازاته، الأمر الذي أفسد مذاق الجعة. وأدرك منتجو الجعة أن غازات الفحم الحجري غير المرغوبة يمكن إلغاؤها وإزالتها إذا تم تسخينه مسبقًا في أفران محكمة الإغلاق. ولم يدركوا أنهم بهذا يطورون عملية إنتاج الكوك من الفحم الحجري. وفي القرن الثامن عشر الميلادي، نجح منتج حديد إنجليزي اسمه أبراهام داربي في استعمال الكوك ليصهر الحديد. وبعد ذلك حل الكوك تدريجيًا محل الفحم النباتي كوقود مُفضّل في عمليات إنتاج الحديد.

وإن انتشار طريقة إنتاج الحديد الجديدة هذه أصبحت جزءًا من تطور كبير حدث في إنجلترا وهو الثورة الصناعية. تمثلت هذه الثورة بشكل رئيسي في زيادة إنتاج المصانع بصورة هائلة. وقد ساهم تطور الآلة البخارية في إنجلترا في القرن الثامن عشر الميلادي في زيادة إنتاج المصانع إلى حد كبير. وكما وفرت المحركات البخارية القدرة اللازمة لتشغيل آلات المصانع. وتتطلب المحركات البخارية إمدادًا كبيرًا من الطاقة التي شكّل الفحم الحجري الوقود الوحيد المتاح لتأمينها في ذلك الوقت.

خلال القرن التاسع عشر الميلادي امتدت الثورة الصناعية من إنجلترا إلى أجزاء أخرى في العالم. ونجحت هذه الثورة بشكل خاص في الأقطار التي تمتلك كميات وفيرة من الفحم الحجري. وهكذا أدى الفحم الحجري الدور الرئيسي في نمو الصناعة خلال تلك الفترة في أوروبا وأمريكا الشمالية.

وأصبح الفحم الحجري ضروريًا ليس فقط من أجل التصنيع والمصانع بل في وسائل المواصلات أيضًا حين أصبحت السفن التجارية والآلات البخارية الأخرى هي وسائل المواصلات الرئيسية. وقد تطلب ذلك الحصول على كميات ضخمة من الفحم الحجري لوسائل المواصلات البخارية كوقود لغلاياتها. وكما نمت الصناعة ووسائل المواصلات في الولايات المتحدة، فقد نما أيضًا بشكل موازٍ إنتاج الفحم الحجري. وفي بداية القرن التاسع عشر الميلادي كان هناك عدد قليل من مناجم الفحم الحجري واستعمالاته في الولايات المتحدة. وفي أواخره حلّت الولايات المتحدة محل إنجلترا كبلد رائد في إنتاجه في العالم. وبقيت الولايات المتحدة رائدة في إنتاج الفحم الحجري حتى أواسط القرن العشرين، حين هبط احتياجها منه مع ازدياد استعمال النفط والغاز الطبيعي. وقد تفوق الاتحاد السوفييتي سابقًا على الولايات المتحدة في إنتاج الفحم الحجري منذ أواخر خمسينيات القرن العشرين إلى أواخر السبعينيات. وفي الثمانينيات أصبحت الصين في المركز الأول تليها الولايات المتحدة في المركز الثاني.

وقد أدت النُدرة المتنامية للنفط والغاز الطبيعي إلى ارتفاع حاد في طلب الفحم الحجري. ونتيجة لهذا ازداد إنتاج العالم من الفحم الحجري بشكل كبير منذ عام ١٩٧٠م حتى عام ١٩٨٠م. وقد استُهلك الإنتاج الزائد منه لإنتاج الكهرباء بشكل رئيسي.

وفي الوقت الراهن يتم إنتاج الكهرباء باستخدام الفحم الحجري وقودًا بتكلفة أقل من إنتاجها باستعمال الغاز الطبيعي أو زيت الوقود. ومع ذلك فإن تكلفة الفحم الحجري المستخدم في إنتاج الكهرباء ستزداد بالتأكيد لعدة أسباب. ومن أجل المحافظة على البيئة، والوصول إلى شروط بيئية مثالية فإن معامل إنتاج القدرة الكهربائية التي تقوم بحرق فحم حجري ذو محتوى متوسط أو محتوى عالٍ من الكبريت عليها أن تنفق أموالاً طائلة لإنشاء معامل لغسل ثاني أكسيد الكبريت للحصول على فحم حجري ذي محتوى قليل من الكبريت. ويجب على معامل إنتاج القدرة الكهربائية إنفاق المال اللازم لاستيراده من مواطن إنتاجه الرئيسية. وعند استهلاك ترسبات الفحم الحجري القريبة من سطح الأرض يتعين حفر مناجم أعمق، وبالتأكيد فإن التكلفة العالية اللازمة لتشغيل المناجم بالغة العمق ستضاف إلى أسعاره.

٢-٩-٣ كيف تكوّن الفحم الحجري؟

يعتقد أن الفحم الحجري تكون من بقايا نباتات ماتت ودفنت قبل ملايين السنين. ولهذا فإن الفحم الحجري يمكن اعتباره وقودًا أحفوريًا. ويعتقد أن النباتات التي شكلت الفحم الحجري قد نمت في مستنقعات. وعند موت النباتات تشكلت بالتدريج طبقة سميكة من مادة النبات فوق قاع المستنقع. ثم أخذت تلك المادة تتصلب مع الزمن وتتحوّل إلى مادة أخرى تسمى الخُث وهو نسيج نباتي متفحم. ومع مرور الزمن أصبحت رواسب الخث مدفونة تحت الرمال والمعادن الأخرى. وبتراكم المادة المعدنية فإن بعضًا منها قد تحوَّل إلى صخر كحجر الرمل والطّفل. وبتزايد ثقل الطبقات الصخرية وثقل المواد الأخرى الفوقية بدأ تحوُّل الخث إلى فحم حجري. ويطلق على الفحم الحجري والحجر الرملي والصخور الأخرى التي تشكلت من مواد مترسبة اسم الصخور الرسوبية.

تنتج المرحلة الأولي من مراحل تكوين الفحم الحجري فحمًا بنيًا داكن اللون يسمى اللجنيت خشب متمعدن. ويأتي اللجنيت من ترسبات الخث المدفونة الواقعة تحت ضغط شديد آت من ثقل المواد التي تعلو ترسبات الخث، وكذلك من تأثير الحركات الداخلية لقشرة الأرض .وباستمرار زيادة الضغط يتحول اللجنيت إلى فحم أكثر صلابة يسمى الفحم تحت القاري أو تحت الحمري. وتحت ضغوط أعظم يتحول الفحم شبه القاري إلى فحم أشد صلابة وقوة يسمي الفحم القاري أو الحمري. وتحت تأثير ضغوط بالغة الشدة يتغير الفحم القاري إلى فحم الأنتراسيت، وهو أكثر أنواع الفحم الحجري صلابة.

وفي معظم الحالات يكون الأنتراسيت هو أقدم أنواع الفحم عمرا كما يكون اللجنيت أحدثها عمرًا بين أنواع الفحم الأخرى. وقد بدأت بعض أنواع الأنتراسيت بالتشكل قبل ما يزيد على ٤٠٠ مليون عام. بينما تشكلت بعض أنواع اللجنيت خلال المليون عام الماضية. وأعظم عصر تشكل فيه الفحم الحجري كان أثناء حقبة من تاريخ الأرض تعرف بالعصر الكربوني، وذلك قبل حوالي ٢٩٠-٣٦٠ مليون عام. وقد غطت المستنقعات أجزاء كبيرة من سطح الأرض أثناء ذلك العصر. كما نمت نباتات السراخس الطويلة، والنباتات شبيهة الأشجار في هذه المستنقعات وأنتجت بعد موتها كميات ضخمة من المادة المكوِّنة للخث. وتعرف الآن ترسبات وفيرة من الفحم القاري تطورت عن كميات هائلة من ترسبات الخث التي تشكلت أثناء العصر الكربوني. ويستلزم حوالي ١-٢ متر من مادة النبات المضغوط لإنتاج طبقة ذات سمك **0.3** متر فحم البتومين.

ولاتزال المواد النباتية تتراكم في بيئات ملائمة لتشكل الفحم الحجري كبيئات أراضي المستنقعات الواسعة مثل أرض الإفرجليدز في جنوبي فلوريدا في الولايات المتحدة الأمريكية. ويمكن أن يتطور تشكيل الخث في ظروف ملائمة من المواد النباتية المتراكمة، ثم يتحول بعد مئات آلاف السنين إلى أنواع أخرى مختلفة من الفحم الحجري.

وتسمى طبقات الفحم الحجري راقات الفحم الحجري أو عروق الفحم الحجري. ويتراوح سمك هذه الراقات بين أقل من ٢,٥ سم و١٢٠ م أو أكثر. وتتكون راقات الفحم الحجري الأكثر سمكًا من أنواع شبه قارية أو أنواع لجنيتية. ويتألف العديد من رواسب الفحم الحجري من راقين أو أكثر يكونان منفصلين بعضهما عن بعض بطبقات صخرية. ونشأت هذه التكوينات بواسطة مستنقعات ملائمة جديدة مُشكِّلة للفحم الحجري تطورت فوق مستنقعات أخرى مدفونة. وكل مستنقع جديد أصبح مدفونًا تطور إلى راق من الفحم الحجري المستقل.

وتقع بعض طبقات الفحم الحجري موازية لسطح الأرض تقريبًا. وتكون طبقات أخرى مائلة بفعل الحركات الأرضية وتوجد بزاوية مائلة مع سطح الأرض. وعادة ما تتكون طبقات الفحم الحجري العميقة من فحوم الأنتراسيت القار. وفي حالات عديدة نجد أن الحركات الأرضية قد قامت برفع طبقات فحوم الأنتراسيت القار العميقة إلى وضع قريب من سطح الأرض. وتعتبر مثل هذه الحركات الأرضية مسؤولة أيضًا عن وجود راقات فحمية في التلال والجبال.

٢-٩-٤ أنواع الفحم الحجري:

تعتمد طريقة استخدام الفحم الحجري على تركيبه الكيميائي ومحتوى الرطوبة فيه. وغالبًا ما يشار إلى الفحم الحجري كمعدن، إلا أنه ليس معدنًا حقيقيًا، إذ ليس له تركيب كيميائي ثابت. تتركب كل الفحوم الحجرية من أجسام صلبة معينة ومن رطوبة. أما الأجسام الصلبة فتتركب أساسًا من عناصر الكربون والهيدروجين والنيتروجين والأكسجين والكبريت .ولكن الفحوم الحجرية تتباين كثيرًا من حيث محتواها من هذه العناصر، وكذلك من حيث محتواها من الرطوبة. وفي الحقيقة لا يوجد ترسبان من الفحم الحجري متشابهان تمامًا من حيث التركيب.

وتصنف الفحوم الحجرية عادة طبقًا لكمية محتواها من الكربون. وعليه تُجمع الفحوم الحجرية في أربعة أصناف أو رتب رئيسية هي:

١- الأنتراسيتات

٢- الفحوم الحمرية أو القارية

٣- الفحوم تحت الحمرية أو تحت القارية

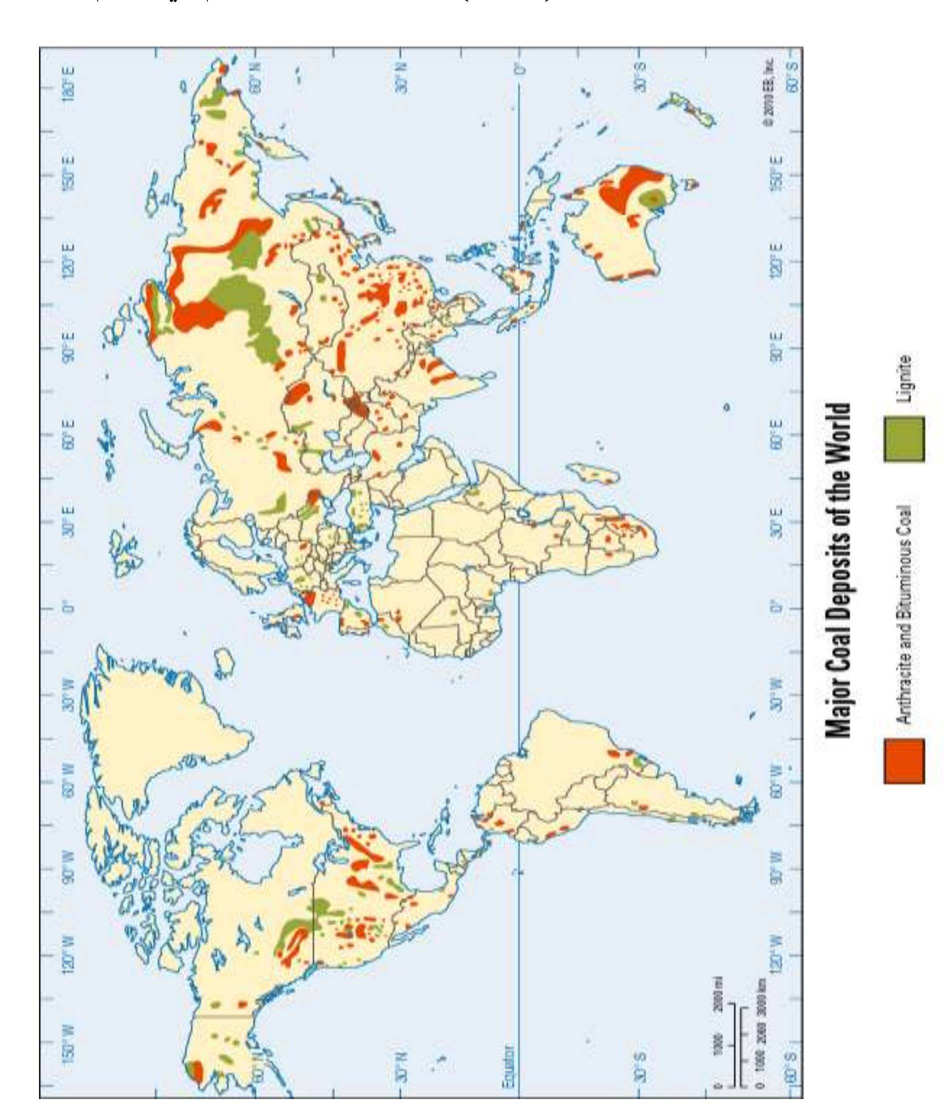
٤- اللجنيتات أو الفحوم البنية اللون.

ويتناقص محتوى الكربون في الفحوم الحجرية مع تدني رتبها. فالأنتراسيتات ذات الرتبة الأعلى تحتوي على حوالي ٩٨% من عنصر الكربون، بينما يحتوي اللجنيت ذو الرتبة الأدنى على حوالي ٣٠% من عنصر الكربون. أما كمية الرطوبة في الفحوم الحجرية فتتزايد عكسيًا مع تدني رتبها في الفحوم تحت القارية واللجنيتات. وتحتوي الفحوم الأخيرة على طاقة حرارية أقل من الطاقة الحرارية في كل من الأنتراسيتات والفحوم القارية.

ويشار إلى الطاقة الحرارية على أنها كمية الحرارة الناتجة عن احتراق مقدار مُعَيَّن من الفحم الحجري .والفحوم الحمرية من الفحوم الأكثر وفرة، كما أنها الأكثر استخداما من بين رتب الفحم الحجري الرئيسية. وهي ذات طاقة حرارية أعلى قليلا مما تنتجه فحوم الأنتراسيتات، وهي الفحوم الوحيدة الملائمة لإنتاج الكوك. أما الأنتراسيتات فهي صعبة الاشتعال كما أنها بطيئة الاحتراق لا تناسب الطرق الحديثة المعتادة لإنتاج الطاقة الكهربائية من الفحم الحجري. كما أنها الأقل وفرة من بين رتب الفحوم الحجرية الأربع.

٢-٩-٥ استخدامات الفحم الحجري:

يستعمل الفحم الحجري بكثرة في مناطق من قارتي آسيا وأوروبا في تدفئة المنازل والمباني الأخرى. وفي الولايات المتحدة حل الغاز الطبيعي والنفط محل الفحم الحجري كوقود للتدفئة. ومع ذلك فإن ارتفاع تكلفة النفط والغاز الطبيعي قد أدت ببعض المصانع والمباني التجارية إلى العودة إلى استخدام الفحم الحجري. والأنتراسيتات من أكثر الفحوم المحترقة نظافة ولذلك فهي المفضلة في عملية تدفئة المنازل مع أنها الأكثر تكلفة. ولهذا السبب تُفضل الفحوم القارية على الأنتراسيتات في استخدامها لتدفئة المصانع والمباني التجارية الأخرى. والفحوم تحت القارية واللجنيتات ذات معدلات حرارية منخفضة، ولذا يتعين إحراقها بكميات كبيرة من أجل توليد الحرارة بفعالية كافية. ونتيجة لذلك يندر استخدامها في أعمال التدفئة والتسخين. **وشكل (٢-١٩)** يعرض خريطة الفحم في العالم.



وقد استخدم الفحم الحجري في الماضي من أجل الحصول على الحرارة اللازمة لصناعة منتجات كثيرة تتفاوت من صناعة الزجاج إلى صناعة الأطعمة المعلبة. ومنذ بدايات القرن العشرين عمد أرباب الصناعة إلى تفضيل استعمال الغاز الطبيعي لصناعة معظم منتجاتهم. أما الاستخدامات الرئيسية للفحم الحجري فاقتصرت على صناعات الإسمنت والورق، ومع ذلك تحولت بعض الصناعات الى الفحم الحجري تفاديًا لأسعار الغاز الطبيعي المرتفعة. ويعتبر الفحم الحجري وقودًا نافعًا بسبب وفرته واحتوائه على قيمة حرارية عالية نسبيًا. ومع ذلك يحتوي الفحم الحجري على شوائب معينة تحد من صلاحية استعماله كوقود. تشمل هذه الشوائب عنصر الكبريت ومعادن أخرى متنوعة. ولدى احتراق الفحم الحجري فإن معظم عنصر الكبريت يتحد مع عنصر الأكسجين ويكونان غازًا سامًا هو غاز ثاني أكسيد الكبريت. أما معظم المعادن الأخرى فتتحول إلى رماد. وتشير صناعة الفحم الحجري إلى المواد المنتجة للرماد باسم رماد حتى قبل احتراق الفحم الحجري. في **شكل (٢-٢٠)** نقل الفحم بالقطارات بالولايات المتحدة الأمريكية.



شكل (٢-٢٠) نقل الفحم بالقطارات – الولايات المتحدة الأمريكية

وتحتوي بعض الفحوم الحجرية على أقل من ١% من عنصر الكبريت. وهذه الفحوم ذات المحتوى القليل من عنصر الكبريت يمكن حرقها بكميات كبيرة وبدون إطلاق كميات ضارة من غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى الهواء إلا أن هناك فحومًا حجرية عديدة تحتوي على ما يزيد على ١% من عنصر الكبريت. وتسبب هذه الفحوم الحجرية ذات المحتوى المتوسط وذات المحتوى العالي من عنصر الكبريت تلوثًا خطيرًا للهواء إذا أُحرقت بكميات كبيرة دون أخذ تدابير الأمان المناسبة. وقد حدث صعوبة وارتفاع تكلفة تطوير تدابير الأمان من استعمال الفحم الحجري كوقود. كما أن بعض الرماد الناتج عن احتراق مسحوق الفحم الحجري قد يتسرب في الهواء ويلوثه شأنه في هذا شأن غاز ثاني أكسيد الكبريت السالف الذكر. وعلى كل حال فقد جرى تطوير أدوات وأجهزة يمكنها حجز الرماد المتطاير من احتراق الفحم الحجري في عوادم الدخان الأمر الذي يحول دون تسربه إلى الهواء، ومن ثم تلويث الهواء. ويتركز استعمال الفحم الحجري كوقود بشكل رئيسي لإنتاج القدرة الكهربائية.

والغالبية العظمى من محطات القدرة الكهربائية محطات توربينية بخارية. وكل محطات توليد القدرة النووية وكل المحطات الأخرى التي تعمل بوقود الفحم الحجري أو الغاز أو الزيت هي أيضًا محطات توربينية بخارية. وتستعمل هذه المحطات بخارًا مضغوطًا بقوة ويدير بدوره عجلات التوربينات والتي بدورها تحرك المولدات التي تنتج القدرة الكهربائية. وتتباين المحطات التوربينية البخارية بشكل رئيسي فيما بينها، وذلك في كيفية توليد الحرارة اللازمة لإنتاج البخار. فالمعامل النووية تولد الحرارة عن انشطار ذرات عنصر اليورانيوم. أما المعامل الأخرى فتقوم على احتراق الفحم الحجري أو الغاز أو النفط وقد بقيت الفحوم الحمرية (القارية) والفحوم الحجرية هي المفضلة لتوليد القدرة الكهربائية لأنها الفحوم الأكثر وفرة، ولأنها ذات القيمة الحرارية الأعلى من بين الفحوم الأخرى كالفحوم تحت القارية واللجنيت التي تحتوي على القيمة الحرارية الأدنى من بين الفحوم.

٢-٩-٦ فحم الكوك:

تصلح المواد المنتجة من الفحم الحجري كمواد خام في الصناعة. ويعد الكوك الأكثر انتشارًا من حيث استخدامه من بين هذه المواد، وينتج الكوك من تسخين الفحم القاري إلى درجة حرارة ١١٠٠°م تقريبًا في فرن محكم الإغلاق. فيحول عدم توفر الأكسجين داخل الفرن دون احتراق الفحم الحجري، وتقوم الحرارة بتحويل بعض الأجسام الصلبة في الفحم الحجري إلى غازات. أما المواد الصلبة المتبقية فهي فحم الكوك وهو كتلة صلبة على هيئة كتل من الكربون الخالص تقريبًا. ويلزم ١,٥ طن متري من الفحم القاري لإنتاج طن متري واحد من فحم الكوك. ولكي يكون الفحم الحجري مناسبًا لإنتاج الكوك يجب أن يحمل الفحم خصائص متنوعة مثل احتوائه على قليل من عنصر الكبريت وكمية محددة من الرماد. وهناك أنواع خاصة من الفحم القاري فقط تحمل هذه الصفات والخصائص الضرورية.

ومعظم معامل الكوك أجزاء ملحقة بمصانع الفولاذ. وتقوم مصانع الفولاذ بحرق الكوك مع خام الحديد وحجر الجير وذلك لتحويل خام الحديد إلى حديد نقي لازم لإنتاج الفولاذ. ويلزم حوالي نصف طن متري من الكوك لإنتاج ٠,٩ طن متري من الحديد النقي. ولوصف دور الكوك في عملية إنتاج الحديد يطلق على عملية إنتاج الكوك اسم الكَرْبَنة، حيث تتحول بعض الغازات الناتجة خلال عملية الكربنة بعد أن تبرد إلى أمونيا سائلة وقطران الفحم الحجري. وفي عمليات لاحقة تتحول بعض الغازات المتبقية إلى زيت خفيف. ويستخدم الصناع الأمونيا وقطران الفحم الحجري والزيت الخفيف في إنتاج الأدوية والأصباغ والأسمدة. كما يستعمل قطران الفحم الحجري أيضًا في أعمال أسطح المنازل ورصف الطرق. ويصبح بعض الغاز المنتج أثناء عملية الكربنة سائلاً، ويعرف بغاز الفحم الحجري أو غاز فرن الكوك. وهو يحترق مثل الغاز الطبيعي ولكنه ذو قيمة حرارية أقل، ويطلق كميات كبيرة من السناج (دقائق الكربون) عند احتراقه. وفي العادة يتم استهلاك غاز الفحم الحجري هذا، وبشكل رئيسي، داخل المعامل التي تنتجه حيث يستخدم في توليد الحرارة اللازمة لعمليات إنتاج الكوك والفولاذ.

٢-٩-٧ التغويز:

يمكن الحصول على الغاز من الفحم الحجري مباشرة بدون عملية الكربنة وذلك بطرق عديدة تسمى التغويز وتتضمن أبسط طرق التغويز حرق الفحم الحجري في وجود الهواء المضغوط أو البخار. ويشبه الغاز الناتج غاز أفران الكوك وذلك باحتوائه على قيمة حرارية منخفضة وإطلاقه للسناج. وهو يستخدم أساسًا في بعض عمليات الصناعة، وكذلك في إنتاج أنواع من الوقود السائل ذات الطاقة العالية، مثل البترول وزيت الوقود. ولكن الطرق المستخدمة حاليًا لإنتاج هذه الأنواع من وقود الفحم الحجري مكلفة ومعقدة. ويعمل الباحثون العلميون على تطوير طرق أكثر سهولة وأقل تكلفة.

٢-٩-٨ التسييل:

من أجل تحويل الفحم الحجري إلى وقود سائل يلزم زيادة محتواه من الهيدروجين. حيث تحوي أنواع الفحم القارية النسبة الأعلى من الهيدروجين بين رتب الفحم الحجري الأربع، حيث تحتوي على حوالي ٥% من الهيدروجين في تركيبها. ويلزم زيادة هذه النسبة إلى حوالي ١٢% من أجل تحويل الفحم الحجري إلى وقود سائل ذي طاقة عالية، أو زيادة النسبة إلى حوالي ٢٥% من أجل الحصول على غاز طبيعي صناعيًا من الفحم الحجري.

وتسمى عملية تحويل الفحم الحجري إلى وقود سائل الهَدْرجَة أو الإسالة. وقد جرى تطوير عدة طرق لهدرجة الفحم الحجري. وفي الطريقة المثلى يعالج مزيج من مسحوق الفحم الحجري والزيت مع غاز الهيدروجين في درجات حرارة عالية وتحت ضغط كبير، فيتحد الهيدروجين تدريجيًا مع جزيئات الكربون مكونًا وقودًا سائلاً. ويمكن بهذه العملية إنتاج أنواع وقود عالية الطاقة مثل البترول وزيت الوقود وذلك بإضافة كميات كافية من الهيدروجين.

ويمكن تحويل الفحم الحجري بسهولة إلى غاز منخفض الطاقة بطريقة الكَرْبَنَة والتغويز. كما يمكن إنتاج غاز منخفض الطاقة من الفحم الحجري غير المُعَدَّن. وتسمى العملية التغويز التحت أرضي. وتتضمن العملية حفر بئرين متباعدتين إحداهما عن الأخرى وتخترقان سطح الأرض وصولاً إلى قاعدة راق الفحم أي طبقة الفحم الحجري. يتم إشعال الفحم الحجري عند قاع أحد الآبار بينما يُضغط الهواء خلال المسام في راق الفحم الحجري وتتحرك النار باتجاهه. وعند احتراق كمية كافية من راق الفحم الحجري تسمح بتشكيل ممر بين البئرين في جسمه، عند ذلك يتمكن الهواء المضغوط من دفع الغازات الناتجة من احتراق الفحم الحجري إلى سطح الأرض في البئر الأول. وبالمقارنة مع الغاز الطبيعي، نجد أن الغاز ذا الطاقة المنخفضة الناتج عن احتراق الفحم الحجري تكون له استعمالات محدودة. ويلزم إغناؤه بالهيدروجين كَيْما تعادل قيمته الحرارية القيمة الحرارية للغاز الطبيعي.

وتُعد الطرق الحالية، للحصول على وقود عالي الطاقة من الفحم الحجري مكلفة جدًا للاستعمال التجاري. فإنتاج الهيدروجين مُكْلف جدًا. هذا بالإضافة إلى أن معظم أنواع الوقود المصنوعة من الفحم الحجري تحتوي على كميات غير مقبولة من الكبريت والرماد. وما زال الباحثون العلميون يحاولون تطوير طرق أرخص لتحويل الفحم الحجري.

٢-٩-٩ الفحم النباتي:

الفحم النباتي هو مخلفات مكونة من كربون ينتج عن عملية نزع الماء من المواد النباتية . وطريقة تحضيره تسمي بالتقطير الإتلافي وهي الحرق بمعزل عن الهواء وهي الطريقة المسماة عند العرب الأوائل المردومة . ووجود الأنسجة النباتية في الفحم النباتي والحجري يدل على أنهما من أصل نباتي. والفحم النباتي يصنعه الإنسان بتسخين الخشب، ولونه الأسود سببه وجود عنصر الكربون. أما كون الفحم النباتي أخف من الخشب فلأن الخشب يفقد كمية من الماء عند تحويله إلى فحم نباتي وتزداد نسبة المسامات فيه. والماء في الخشب هو المسئول أيضاً عن الدخان الكثيف عند حرقه. أما كون الفحم الحجري أثقل من الفحم النباتي فيرجع إلى المكونات المعدنية التي توجد في الفحم الحجري ولا توجد في الفحم النباتي . ويوضح **شكل (٢-٢٠)** حرق الفحم كوقود.

الفحم الخشبي شكل آخر من أشكال الكربون غير النقي، يُجمع الخشب في أكوام ويُغطى بالتراب ويُسخن عشرة أيام تقريباً. ويتم التسخين بحرق جزء قليل من الخشب بسبب دخول كمية قليلة من الهواء. ويزود هذا الجزء المحترق بقية الخشب بالحرارة اللازمة لتسخينه وتحويله إلى فحم نباتي بالتخلص من الأوكسجين والهيدروجين الموجودين في مركبات الخشب العضوية (السليلوز). ويتم ذلك بتفاعل كيميائي بحيث ينزع الأوكسجين والهيدروجين من السليلوز فيتحول إلى مركب عضوي جديد يحتوي على كمية أقل من الأوكسجين والهيدروجين، فتزداد نسبة الكربون فيه. **وشكل (٢-٢١)** يوضح حرق الفحم كوقود.



شكل (٢-٢١) حرق الفحم كوقود

٢-٩-١٠ استعمالات الفحم النباتي:

يستعمل الفحم النباتي في الحرق المباشر للحصول على الطاقة. وعادة ما يقتصر على استعماله في بعض الأغراض المنزلية كالتدفئة أو الطهي أو الشواء. أما البلاد التي يوجد فيها فائض من خشب الغابات فيمكن تحويله إلى فحم نباتي ثم استعماله في بعض المشاريع الكبيرة كتوليد الكهرباء. وكما أن زمن احتراق كمية من الفحم النباتي أطول من زمن احتراق كمية مماثلة من الخشب فللفحم النباتي قيمة حرارية أكبر من الخشب.

ويُستخدم شكل من أشكال الفحم الخشبي يدعى الكربون المنشط في المرشّحات وأقنعة الغاز لإزالة الأبخرة السامة. فهو يضم ثقوباً صغيرة لا تحصى على سطحه وهي مثالية لحبس الأبخرة ويُصنع بالسماح للفحم الخشبي بالاحتراق لفترة وجيزة مع الأكسجين في نهاية عملية صنع الفحم الخشبي. وغالباً ما يستخدم الفحم الخشبي كوقود للشواء ويمكن تشكيله في عيدان ليستخدم مادة للرسم. وحيث أن الفحم النباتي المنشط ذو قدرة امتزازية عالية، أي أنه يجتذب المواد إلى سطحه، فيمكنه بذلك إزالة الغازات السامة والروائح الكريهة من الهواء. لذا يستخدم هذا الفحم في منظومات التهوية في العربات الفضائية وكمامات مواقد المطبخ، كما يستخدم أيضاً في تنقية السوائل، كالماء في أحواض السمك. فيمر ماء الحوض المتسخ فوق الفحم النباتي المنشّط لإزالة أوساخه، ثم يُعاد نقياً إلى الحوض. ويمكن وضعه في الثلاجة إذا كان بها روائح كريهة فتخلصك من الروائح الكريهة التي توجد في الثلاجة.

٢-٩-١١ تعدين الفحم:

يتضمن التعدين السطحي في معظم الحالات تجريد وإزالة التربة والصخور القابعة فوق طبقة الفحم الحجري. وتعرف هذه المواد التي تغطي ترسبات الفحم الحجري باسم الغطاء الصخري أو الترابي. وبعد إزالة هذا الغطاء يمكن استخراج الفحم الحجري بسهولة وحملة بعيدًا. ويشمل التعدين حفر القنوات إلى ترسبات الفحم الحجري. وعادة ما يكون التعدين السطحي مختصًا بترسبات الفحم الحجري الموجودة في حدود ٣٠ -٦٠ متر تحت سطح الأرض. وكلما زاد حجم الغطاء الصخري الواجب إزالته، أصبح التعدين السطحي أكثر صعوبة وتكلفة. أما ترسبات الفحم الحجري المتعمقة بما يزيد على ٦٠م فتعدن بطرق التعدين التحت أرضي.

٢-٩-١٢ الفحم والبيئة:

إن كل من يستنشق كميات كبيرة من غبار الفحم الحجري لمدة من الزمن، يمكن أن يصاب بمرض الرئة الغباري المعروف أيضًا باسم مرض الرئة السوداء. ويؤثر هذا المرض في تنفس المصاب وربما يؤدي إلى الوفاة أحياناً. وقد ذهب الآلاف من عمال المناجم ضحية لهذا المرض. هذا بالإضافة إلى كون التركيزات العالية من غبار الفحم الحجري قابلة للانفجار، وكذلك فإن خليطًا من غبار الفحم الحجري والميثان يعتبر خطراً بشكل خاص.

وتزيل التهوية الجيدة كثيرًا من غبار الفحم الحجري من الهواء داخل المنجم. ومع ذلك يجب استعمال مقاييس تحكّم في غباره. وتتلخص هذه العملية بأن يرش العمال مسحوق حجر الجير فوق كل الأسطح المكشوفة داخل المنجم، فيقوم مسحوق حجر الجير بتخفيف غبار الفحم الحجري، الأمر الذي يقلل من فرص حدوث الانفجارات. وكذلك تُرش واجهات الفحم الحجري التي يجري تعدينها بالماء والذي بدوره يثبت الغبار ويمنع تطايره.

ويسدُّ الاستعمال المتنامي للفحم الحجري في إنتاج الكهرباء، بشكل خاص، النقص المتزايد لكل من الغاز والنفط. ومع ذلك، فإن استعمال الفحم الحجري يحمل في طياته مشاكل من نوع خاص إذ إن احتراقه يشكل سببًا رئيسيًا لتلوث الهواء. وقد طُوِّرت وسائل عديدة للتقليل من التلوث ولكنها مكلفة ولم تثبت جدواها حتى الآن. ولابد من تحسين هذه الطرق والأساليب قبل التوسع الكبير في استعمال الفحم الحجري. وبالإضافة لهذا فإن بعض الفحم الحجري يوجد عند أعماق كبيرة تحت سطح الأرض حيث يصعب استخراجه.

وقد بدأت الأمم المتقدمة في سنّ تشريعات بهدف التقليل من انطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت من محطات توليد القدرة الكهربائية التي تستخدم الفحم الحجري كوقود.

وتزيل عمليات تنظيف الفحم الحجري بعض الكبريت منه ولكنها ليست بكميات كافية من أنواع الفحم الحجري ذات المحتوى العالي، أو المحتوى المتوسط من الكبريت. ومن أجل الحصول على هواء بمواصفات والسيطرة على انطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى حد ما تستخدم أجهزة تسمى أجهزة غسل الغاز حيث يمتص جهاز غسل الغاز روائح وأبخرة غاز ثاني أكسيد الكبريت لدى تمرير الغازات خلال مجموعة مداخن خاصة.

وتجرى الأبحاث العلمية على عملية السيطرة على نسبة عنصر الكبريت في الفحم الحجري وتعرف هذه العملية بإحراق الطبقة المُميعة. وتتلخص هذه العملية في حرق مسحوق الفحم الحجري في طبقة من حجر الجير، حيث يحجز الجير عنصر الكبريت الموجود فيه، وبالتالي يحول دون تشكل غاز ثاني أكسيد الكبريت. وتُستعمل الحرارة الناتجة عن الفحم الحجري لتسخين الماء إلى درجة الغليان. وينساب هذا الماء المسخن عبر أنابيب على شكل ملفات معدنية داخل طبقة الجير. أما بخار الماء الناتج فيمكن استعماله في محطات توليد القدرة الكهربائية. وتملك شركات تعدين الفحم الحجري الكبيرة جهازًا متفرغًا من العمال المحترفين، ويضم هذا الجهاز مهندسين ومحامين وخبراء أعمال كما توظف هذه المنظمات كهربائيين وميكانيكيين وعمال إنشاءات وغيرهم.

ويشكل عمال المناجم المهرة مصدرًا للعمالة تعتمد عليه الصناعة. ويتطلب التعدين التحت أرضي عددًا من عمال المناجم أكثر من التعدين السطحي. وقد ساعد استخدام الآلات عمال المناجم، إذ زادت إنتاجيتهم ففي عام ١٩٥٠م بلغ إنتاج عمال كل منجم من مناجم الولايات المتحدة ما معدله حوالي٦,٥طن متري من الفحم الحجري يوميًا. وبشكل عام، فإن عمال المناجم ينتجون من المناجم السطحية التي تعمل بطريقة التجريد والكشط أكثر من ضعف ما ينتجون من المناجم التحت أرضية.

وقد أدى التوسع في استخدام الآلات إلى جعل الوظائف في المناجم أكثر تخصصًا وتنحصر وظائف معظم عمال المناجم في تشغيل أنماط خاصة من الآلات مثل الجرافات الآلية الهائلة التي تحتاج إلى خبرة وتدريب خاصين.

وفي القرن التاسع عشر الميلادي، كان العمل في تعدين الفحم الحجري غير آمن وذا مرتبات ضئيلة. وكان عمال المناجم يعيشون ويعملون تحت ظروف بالغة السوء. وقد تضامن كثير منهم في اتحادات مهنية كانت تدعو للاحتجاجات والإضراب عن العمل. ومنذ أوائل القرن العشرين الميلادي تحسنت ظروف معيشة عمال المناجم كثيرًا في الأقطار الصناعية المتقدمة.

وتواجه إجراءات السلامة في المناجم أربعة أنماط من المخاطر الرئيسية وهي حوادث بفعل الآلات وانهيار الجدران والسقوف وتجمع وتراكم الغازات وتركيز غبار الفحم الحجري. ومن أجل السلامة والأمان في المناجم تجرى عملية تثبيت سقف المنجم بالقضبان الحديدية وهي عملية ضرورية من أجل السلامة في المناجم التحت أرضية. ومثبتات السقف هي قضبان طويلة من المعدن يتم إدخالها في سقف المنجم. وبعد أن يتم تثبيت القضبان في السقف فإنها تساعد في منع طبقات الصخور التي تقع فوق السقف مباشرة من الانهيار والسقوط.

في الأيام الأولى من عمليات تعدين الفحم الحجري التحت أرضي، كان العمل في المناجم خطراً. وقد تسببت الحوادث في المناجم في وفاة أو إعاقة آلاف من عمال المناجم سنوياً. ثم بدأت الحكومات سن تشريعات ووضعت معايير للحد الأدنى من الصحة والسلامة لكل من العاملين وأرباب العمل على حد سواء. وبذلك تناقصت معدلات الوفيات بين العاملين بشكل كبير بلغ في بعض الحالات ٨٥%.

٢- ١٠ الطاقة النووية :

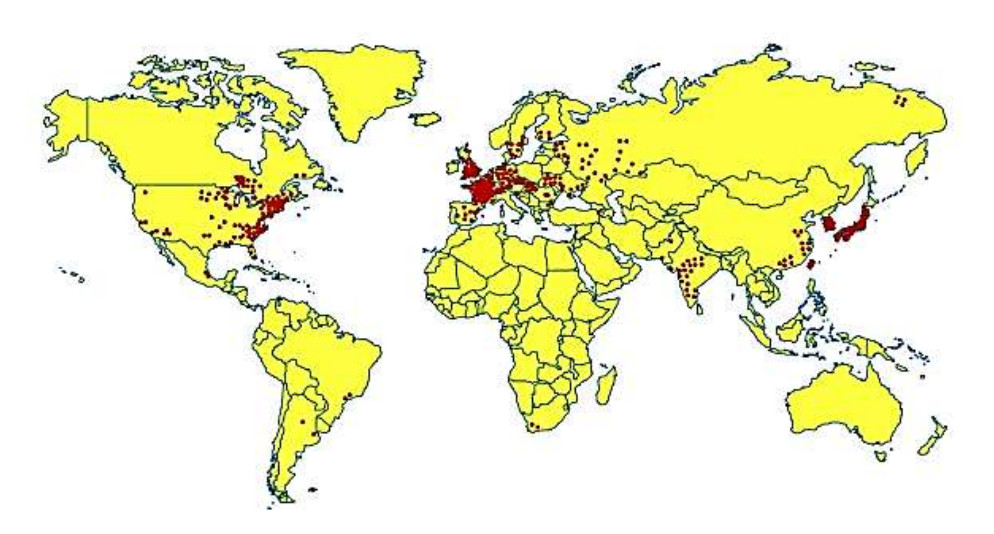
الطاقة النووية هي الطاقة التي تنطلق أثناء إنشطار أو إندماج الأنوية الذرية. وتشكل الطاقة النووية ٢٠% من الطاقة المولدة بالعالم فالعلماء ينظرون إلى الطاقة النووية كمصدر حقيقي لا ينضب للطاقة. وما يثير الشكوك حول مستقبل الطاقة النووية هو التكاليف النسبية، والمخاوف العامة المتعلقة بالسلامة، وصعوبة التخلص الآمن من المخلفات عالية الإشعاع. ويعرض **شكل (٢-٢٢)** مفاعل غوندريمنجن بألمانيا.



شكل (٢-٢٢) مفاعل غوندريمنجن – ألمانيا

٢-١٠ -١ محطات الطاقة النووية:

تعتبر محطات التوليد النووية نوعا من محطات التوليد الحرارية البخارية، حيث تقوم بتوليد البخار بالحرارة التي تتولد في فرن المفاعل. الفرق في محطات الطاقة النووية أنه بدل الفرن الذي يحترق فيه الوقود يوجد الفرن الذري الذي يحتاج إلى جدار عازل وواق من الإشعاع الذري وهو يتكون من طبقة من الآجر الناري وطبقة من المياه وطبقة من الحديد الصلب ثم طبقة من الاسمنت تصل إلى سمك مترين وذلك لحماية العاملين في المحطة والبيئة المحيطة من التلوث بالإشعاعات الذرية **.وشكل (٢-٢٣)** يوضح خريطة المفاعلات النووية في العالم.



شكل (٢-٢٣) خريطة المفاعلات النووية في العالم

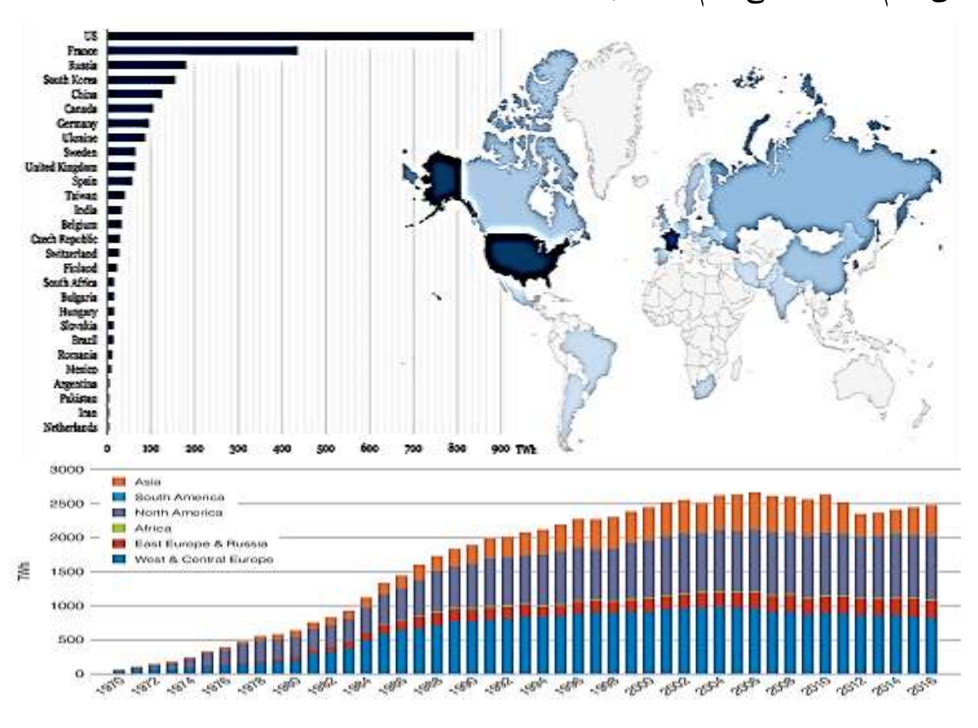
وفي مفاعل من نوع الماء المضغوط حيث يمتص الماء المضغوط الحرارة من قلب المفاعل ويبقى محصوراً في دورة مغلقة دون أن يغلي. وتقوم دورة ثانية بتبادل الحرارة مع الدورة الأولى، فيغلي الماء في الدورة الثانية ويولد البخار الذي يدير توربيات تدير بدورها مولدات كهربائية. ويجري عادة تكثيف البخار في دورة ثالثة تشتمل على برج للتبريد.

وهناك طريقة أخرى لإستخراج الطاقة الحرارية المتولدة في قلب المفاعل حيث يستخدم فيها الصوديوم السائل وسيطاً لهذه الغاية لتمتعه بحرارة نوعية عالية، وذلك في الدورتين الأولى والثانية. ويتحول الماء إلى بخار في الدورة الثالثة بالتبادل الحراري، ويقوم بخار الماء بتدوير التوربينات وتوليد الكهرباء كما سبق.

والمفاعل الذري تتولد فيه الحرارة نتيجة انشطار ذرات اليورانيوم بضربات الإلكترونات المتحركة في الطبقة الخارجية للذرة وتستغل هذه الطاقة الحرارية الهائلة في غليان المياه في المراجل (الغلايات) وتحويلها إلى بخار ذات ضغط عال ودرجة حرارة مرتفعة. ثم يسلط هذا البخار لتشغيل توربينات بخارية صممت ليقوم البخار السريع بتدوير محور التوربينات وبذلك تتحول الطاقة البخارية إلى طاقة ميكانيكية على محور هذه التوربينات.

ويربط محور المولد الكهربي مع محور التوربينات البخارية فيدور محور المولد الكهربي بنفس السرعة لتتولد على طرفي الجزء الثابت من المولد الطاقة الكهربائية اللازمة. وكانت أول محطة توليد حرارية نووية في العالم نفذت في عام ١٩٥٤ وكانت في الاتحاد السوفيتي بطاقة ٥ ميجاوات. عندما توصل العلماء إلى تحرير الطاقة النووية من بعض العناصر كاليورانيوم والبلوتونيوم. فوقود المفاعلات النووية اليورانيوم المخصب بكمية تكفي لحدوث تسلسل تفاعلي انشطاري يستمر من تلقاء ذاته. والوقود يوضع في شكل حزم من قضبان طويلة داخل قلب المفاعل الذي هو عبارة عن حجرة مضغوطة شديدة العزل. ويتم الانشطار النووي بها لتوليد حرارة لتسخين المياه وتكوين البخار كما تم ذكره. و يتم تغطيس الحزم النووية في الماء للإبقاء عليها باردة. أو استخدام ثاني أكسيد الكربون أو معدن مصهور لتبريد قلب المفاعل. ويتم إدخال قضبان تحكم في غرفة المفاعل مصنوعة من مادة الكادميوم لتمتص النيوترونات المتولدة من انشطار أنوية الذرات داخل المفاعل. فكلما تم تقليل النيوترونات كلما تم تحجيم التفاعلات المتسلسلة بما يبطئ من عملية انشطار ذرات اليورانيوم. وكان أول مفاعل نووي قد أقيم عام ١٩٤٤ في هانفورد بأمريكا لإنتاج مواد الأسلحة النووية وكان وقوده اليورانيوم الطبيعي حيث كان ينتج البلوتونيوم ولم تكن الطاقة المتولدة تستغل في ذلك الوقت. ثم بنيت أنواع مختلفة من المفاعلات في كل أنحاء العالم لتوليد الطاقة الكهربية. وتختلف هذه المفاعلات في نوع الوقود والمبردات والوسيط.

وفي أمريكا يستعمل الوقود النووي في شكل أكسيد اليورانيوم المخصب حتى **٣%** باليورانيوم ٢٣٥ والوسيط والمبرد من الماء النقي وهذه الأنواع من المفاعلات يطلق عليها مفاعلات الماء الخفيف. **وشكل (٢-٢٤)** يوضح انتاج الدول من الطاقة الكهربية بالمفاعلات النووية. أما **شكل (٢-٢٥)** يعرض انتاج الطاقة الكهربية بالمفاعلات النووية من عام ١٩٧٠ حتى عام ٢٠١٦.



شكل (٢-٢٥) إنتاج الطاقة الكهربية بالمفاعلات النووية ١٩٧٠-٢٠١٦

٢-١٠-٢ تخصيب اليورانيوم :

اليورانيوم هو المادة الخام الأساسية للبرامج النووية المدنية والعسكرية. ويستخلص من طبقات قريبة من سطح الأرض أو عن طريق التعدين من باطن الأرض. ورغم أن مادة اليورانيوم توجد بشكل طبيعي في أنحاء العالم، لكن القليل منه فقط يوجد بشكل مركز كخام. وحينما تنشطر ذرات معينة من اليورانيوم في تسلسل تفاعلي يسمي بالانشطار النووي. ويحدث ببطء في المنشآت النووية وبسرعة هائلة في حالة تفجير سلاح نووي. وينجم عن ذلك انطلاق للطاقة وفي الحالتين يتعين التحكم في الانشطار النووي تحكما بالغا. ويكون الانشطار النووي في أفضل حالاته حينما يتم استخدام النظائر من اليورانيوم **235** أو البلوتونيوم ٢٣٩ والمقصود بالنظائر هي الذرات ذات نفس الرقم الذري ولكن بعدد مختلف من النيوترونات. ويعرف اليورانيوم ٢٣٥ بالنظير الانشطاري لميله للانشطار محدثا تسلسلا تفاعليا مطلقا الطاقة في صورة طاقة حرارية. وحينما تنشطر ذرة من اليورانيوم ٢٣٥ فإنها تطلق نيوترونين أو ثلاثة نيوترونات. وحينما تتواجد إلى جانبها ذرات أخرى من اليورانيوم ٢٣٥ تصطدم بها تلك النيوترونات مما يؤدي لانشطار الذرات الأخرى وبالتالي تنطلق نيوترونات أخرى. ولا يحدث التفاعل النووي إلا إذا توافر ما يكفي من ذرات اليورانيوم ٢٣٥ بما يسمح بأن تستمر هذه العملية كتسلسل تفاعلي يتواصل من تلقاء نفسه أو ما يعرف بالكتلة الحرجة. غير أن كل ألف ذرة من اليورانيوم الطبيعي تضم سبع ذرات فقط من اليورانيوم ٢٣٥ بينما تكون باقي الذرات الأخرى من اليورانيوم الأكثر كثافة ورقمه الذري يورانيوم ٢٣٨. ومفاعلات الماء الخفيف هي نوع من المفاعلات الانشطارية النووية التي تستعمل في الولايات المتحدة الأمريكية لتوليد الطاقة الكهربية وتستخدم الماء العادي كوسيط في التبريد والتحويل لبخار لتشغيل التوربينات لتوليد الكهرباء من المولدات. وهذا يتطلب تخصيب وقود اليورانيوم. واليورانيوم الطبيعي يتكون من ٠,٧ % يورانيوم ٢٣٥ وهو نظير ينشطر و٩٩,٣% يورانيوم ٢٣٨ لا ينشطر. واليورانيوم الطبيعي يخصب ليصبح به ٢,٥% إلى ٣,٥ % يورانيوم ٢٣٥ القابل للانشطار في مفاعلات الماء الخفيف التي تعمل بالولايات المتحدة الأمريكية بينما مفاعلات الماء الثقيل التي تعمل في كندا يستخدم اليورانيوم الطبيعي. وفي حالة التخصيب يكون مطلوب ٣ كجم يورانيوم طبيعي لإمداد مفاعل واحد بالطاقة الانشطارية لمدة عام. وعملية تخصيب اليورانيوم تتم بانتشار مادة هكسافلوريد اليورانيوم في مادة مسامية فتنفصل مادة اليورانيوم ٢٣٥ الخفيفة بواسطة آلات الطرد المركزي. ووقود اليورانيوم اللازم للمفاعلات الانشطارية غير كاف لصنع قنبلة نووية لأنها تتطلب عملية تخصيب بنسبة أكثر من ٩٠% للحصولً على تفاعل متسلسل سريع.

واليورانيوم والبلوتونيوم المخصبان بنسبة مرتفعة جدا يستخدمان في صنع القنابل النووية. لأن اليورانيوم المرتفع التخصيب به نسبة عالية من اليورانيوم ٢٣٥ الغير مستقر والمركز صناعيا. والبلوتونيوم يصنع نتيجة معالجة وقود اليورانيوم في المفاعلات الذرية أثناء عملها حيث تقوم بعض ذرات اليورانيوم وهي حوالي ١% من كمية اليورانيوم بامتصاص نيوترون لإنتاج عنصر جديد هو البلوتونيوم الذي يستخلص بطرق كيميائية. ولصنع التفجير النووي يدمج اليورانيوم أو البلوتونيوم المخصبان بالمتفجرات التقليدية وهذا الدمج يجعل المادة النووية مكثفة لتقوم بالتفاعل المتسلسل الغير موجه. ويمكن تخصيب اليورانيوم بعدة طرق. ففي برنامج تصنيع الأسلحة النووية بأمريكا يتبع طريقة الانتشار الغازي بتحويل اليورانيوم إلي غاز هكسافلوريد اليورانيوم حيث يضخ خلال غشاء يسمح لذرات اليورانيوم ٢٣٥ بالمرور خلاله أكثر من بقية ذرات نظائر اليورانيوم.

وبتكرار هذه العملية في عدة دورات يرتفع تركيز اليورانيوم 235 لتصنع منه الأسلحة النووية كما في الصين وفرنسا وبريطانيا وروسيا. حيث تكون طريقة تخصيب اليورانيوم هي طريقة الطرد المركزي للغاز بالسرعة العالية بدلا من الانتشار الغازي وهذا ما اتبعته إيران. وهذه الطريقة يحول اليورانيوم لغاز هكسافلوريد اليورانيوم ويدخل في آلة طرد مركزي تدور بسرعة كبيرة. وبتأثير قوة الطرد المركزي تتجه ذرات اليورانيوم الأثقل من ذرات اليورانيوم ٢٣٥ للخارج ويتركز اليورانيوم ٢٣٥ بالوسط ليسحب. وهذه الطريقة تستخدم لتخصيب اليورانيوم في الهند وباكستان وإيران وكوريا الشمالية. وهناك طريقة التدفق النفاث المتبعة في جنوب أفريقيا وطريقة الفصل للنظير بالكهرومغناطيسية التي كان العراق يتبعها قبل حرب الخليج عام1991.

ويمكن استعمال طريقة التخصيب بالليزر لفصل اليورانيوم بتحويله لمعدن يتبخر بتسليط ليزر ليثير ذرات اليورانيوم ٢٣٥ لتتجمع وتتركز وهذه التجربة تمت في كوريا الجنوبية عام ٢٠٠٠ سرا.

٢-١٠-٣ أنواع المفاعلات:

يطلق على مفاعلات الانشطار النووي في الولايات المتحدة الأمريكية مفاعلات الماء الخفيف. والماء الخفيف هو الماء العادي الذي يستخدم في المفاعلات الأمريكية كوسيط وكمبرد وكأحد الوسائل للتخلص من الحرارة وتحويلها لبخار يدير التوربينات التي تدير مولدات القوي الكهربية.

واستعمال الماء العادي يتطلب تخصيب وقود اليورانيوم لدرجة ما. وكلا النوعين من المفاعلات اللذين يعملان بالماء الخفيف هما مفاعل الماء المضغوط حيث الماء الذي يسير خلال قلب المفاعل معزول عن التوربينات. ومفاعل الماء المغلي ويستخدم الماء كمبرد ومصدر للبخار الذي يدير التوربينات. أما مفاعلات الانشطار النووي في كندا فيطلق عليها مفاعلات الماء الثقيل حيث يعمل الماء الثقيل كوسيط بالمفاعل حيث يقوم الماء الثقيل بتقليل سرعة النيترونات في التفاعل الانشطاري المتسلسل. وهذا النوع من المفاعلات لا يتطلب وقود يورانيوم مخصب بل طبيعي.

وقد تمكن كلوديو فيلبون العالم النووي ومدير مركز الطاقة المتطورة في جامعة ميريلاند الأمريكية من ابتكار وتصميم مفاعل سيزر المتطور لإنتاج الكهرباء دون التسبب في أي تلوث نووي، أو انتشار الإشعاعات النووية عكس المفاعلات النووية التقليدية التي تدار بأذرع وقود اليورانيوم ٢٣٨ المزود بحوالي ٤% من اليورانيوم ٢٣٥. وعند اصطدام النيوترون بذرة اليورانيوم ٢٣٥، تنشطر إلى نويات وتنطلق كمية من الطاقة في شكل حرارة ومزيد من النيوترونات التي تصطدم بالذرات الأخرى. ويتحكم «الوسيط» بإدخاله بين أذرع الوقود ليبطئ بعض النيوترونات لتتحرك ببطء بدرجة كافية لانشطار الذرات، لكن بعد عامين أو ثلاثة من تشغيل المفاعل، تصبح ذرات اليورانيوم ٢٣٥ الباقية غير كافية فتظهر الحاجة إلى أذرع وقود جديدة. ومفاعل سيزر يعتمد على انشطار ذرات اليورانيوم ٢٣٨ داخل أذرع الوقود بواسطة نيوترونات تتحرك بسرعة مناسبة نتيجة وجود البخار كوسيط في المفاعل، بالتحكم في كثافته بدقة، لإبطاء مرور النيوترونات للحصول على الانشطار المطلوب من ذرة اليورانيوم 238، وحدوث انفجار صغير للطاقة وانطلاق مزيد من النيوترونات التي تدور حتى تصطدم بذرة أخرى من اليورانيوم. والمفاعل سيزر يمكن تشغيله لعقود دون الحاجة إلى إعادة تزويده بالوقود.

وهناك مفاعلات البحوث العلمية وهي أبسط من مفاعلات الطاقة وتعمل في درجات حرارة ووقود أقل من اليورانيوم عالي التخصيب ٢٠% من اليورانيوم ٢٣٥ على الرغم من أن بعضاً من المفاعلات البحثية الأقدم تستخدم ٩٣% من اليورانيوم ٢٣٥ وكمفاعلات الطاقة يحتاج قلب مفاعل البحث للتبريد، ومهدئ من الماء الثقيل أو بالجرافيت لتهدئة النيترونات وتعزيز الانشطار. ومعظم مفاعلات البحث تحتاج أيضاً إلى عاكس من الجرافيت أو البيريليوم لتخفيض فقدان النيترونات من قلب المفاعل**.** و تستخدم للبحث والتدريب واختبار المواد أو إنتاج النظائر المشعة من أجل الاستخدام الطبي والصناعي. وهذه المفاعلات أصغر من مفاعلات الطاقة. ويوجد ٢٨٣ من هذه المفاعلات تعمل في ٥٦ دولة كمصدر للنيوترونات من أجل البحث العلمي**.** و**شكل (٢-٢٦)** يعرض قلب مفاعل نووي بحثي بالولايات المتحدة الأمريكية.



شكل (٢-٢٦) قلب مفاعل نووي– الولايات المتحدة الأمريكية

والطاقة النووية تزود دول العالم بأكثر من ١٦% من الطاقة الكهربية فهي تمد ٣٥**%** من احتياجات دول الاتحاد الأوروبي. واليابان تحصل على ٣٠% من احتياجاتها من الكهرباء من الطاقة النووية. أما بلجيكا وبلغاريا والمجر واليابان وسلوفاكيا وكوريا الجنوبية والسويد وسويسرا وسلوفينيا وأوكرانيا فتعتمد على الطاقة النووية لتزويد ثلث احتياجاتها من الطاقة الكهربية. ولأن كمية الوقود النووي المطلوبة لتوليد كمية كبيرة من الطاقة الكهربية أقل بكثير من كمية الفحم أو البترول اللازمة لتوليد نفس الكمية فتقريبا طن واحد من اليورانيوم يقوم بتوليد طاقة كهربية أكبر من عدة ملايين من براميل البترول أو ملايين الأطنان من الفحم. وكان اتجاه دول عديدة في العالم للطاقة النووية نظرا لأن الوقود النووي اليورانيوم كان متوفرا وسهل الحصول عليه ونقله بينما مصادر الفحم والبترول محدودة وقد تنضب يوما ما.

واستخدام الطاقة النووية يسبب إنتاج النفايات ذات الإشعاعات النووية العالية التي تخزّن في بحيرات لتبريدها بامتصاص حرارة الوقود المستهلك وتخفيض درجة إشعاعيته .وتتم إعادة معالجة الوقود النووي لاسترجاع اليورانيوم والبلوتونيوم غير المنشطرين واستخدامهما من جديد كوقود للمفاعل أو في إنتاج الأسلحة النووية. وبعض العناصر الموجودة في النفايات كالبلوتونيوم، ذات خاصية إشعاعية كبيرة وتظل لمدة آلاف السنين. ولا يوجد نظام آمن للتخلص من هذه النفايات. والمفاعلات النووية أصبحت سيئة السمعة منذ التسرّب الإشعاعي في محطة الطاقة النووية في تشيرنوبل بأوكرانيا عام ١٩٨٦ فقد أدي هذا التسرب إلى مقتل ٣١ شخصاً وتعريض مئات الآلاف للإشعاع الذي يستمر تأثيره على عدة أجيال.

٢-١٠-٤ إعادة معالجة الوقود النووي:

تم تطوير تقنية إعادة المعالجة النووية من أجل فصل واستخلاص البلوتونيوم القابل للانشطار كيميائيا من الوقود النووي المشع. وإعادة المعالجة تخدم أغراضا متعددة تغيرت أهميتها النسبية مع مرور الوقت. واستخدمت إعادة المعالجة أصلا فقط لاستخراج البلوتونيوم لإنتاج سلاح نووي. ويمكن أيضا إعادة استخدام اليورانيوم المعاد تصنيعه والذي يشكل الجزء الأكبر من مواد الوقود المستنفذ ولكن ذلك ليس اقتصاديا حيث أسعار اليورانيوم مرتفعة والتخلص منها باهظ التكلفة. وإعادة المعالجة النووية تقلل من حجم النفايات عالية المستوى ولكنها بحد ذاتها لا تقلل من النشاط الإشعاعي أو توليد الحرارة، وبالتالي لا تلغي الحاجة إلى مستودع للنفايات الجيولوجية. وقد كانت إعادة المعالجة مثيرة للجدل سياسيا بسبب إمكانية الإسهام في انتشار الأسلحة النووية وكذلك التحديات السياسية المتعلقة بوضع المستودع وهي مشكلة تنطبق بالتساوي على التخلص المباشر من الوقود المستهلك وبسبب تكلفتها العالية مقارنة بدورة الوقود مرة واحدة.

٢- ١٠-٥ محطات الطاقة النووية المستقبلية والإندماج النووي:

هناك جيل جديد من التصاميم لمحطات الطاقة النووية المعروفة باسم مفاعل الجيل الرابع، وهي موضوع بحث نشط .فالكثير من هذه التصاميم الجديدة تحاول على وجه التحديد جعل المفاعلات الانشطارية أكثر نظافة وأمانا وأقل خطرا على انتشار الأسلحة النووية مثل تلك المبسطة لمفاعل الماء المغلي التي تم تصميمه ليكون شبه واقي ويجري متابعته. وبدأت عدة بلدان برامج الطاقة النووية القائمة علي الثوريوم وهو عنصر أكثر وفرة في قشرة الأرض من اليورانيوم حيث تم العثور على أكثر من ٦٠٪ من خام الثوريوم في خمسة بلدان وهي أستراليا والولايات المتحدة والهند والبرازيل والنرويج . وهذه الموارد من الثوريوم كافية لتلبية احتياجات الطاقة الحالية لآلاف السنين.

وهناك مشروع نووي مستقبلي يتم إقامته حاليا وهو مشروع اتر-توكاماك أي المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي. وهو عبارة عن مشروع بحثي دولي ضخم يقام على فكرة الطاقة النووية بمساعدة حالة البلازما للمادة حيث يستخدم جهاز دمج مغناطيسي تم تصميمه لإثبات جدوى الإنصهار كمصدر للطاقة على نطاق واسع وخالي من الكربون على أساس نفس المبدأ الذي يمد شمسنا والنجوم. ويجرى بناء هذا المفاعل في بروفانس بجنوب فرنسا. ويعتبر أول جهاز انصهار يعمل لفترات طويلة من الزمن. وسيكون هذا المفاعل أول جهاز اندماج لاختبار التقنيات والمواد والأنظمة الفيزيائية المتكاملة اللازمة للإنتاج التجاري للكهرباء القائمة على الاندماج. ويساهم آلاف المهندسين والعلماء في تصميمه منذ إطلاق فكرة التجربة الدولية المشتركة في الاندماج لأول مرة في عام ١٩٨٥.

يشارك نحو سبعة كيانات في هذا المشروع هم الصين و الاتحاد الأوروبي والهند واليابان وكوريا الجنوبية وروسيا والولايات المتحدة الأمريكية بنحو ٣٥ دولة حيث سيكون التعاون خلال ٣٥ عاما لبناء وتشغيل هذا المفاعل التجريبي. ويساهم الاتحاد الأوروبي، بصفته الطرف المضيف لمجمع للمشروع بنحو ٤٥ % من التكلفة وتساهم الأطراف الستة الأخرى بنحو ٥٥ % من التكلفة. في عام ٢٠١٦ وقعت منظمة مشروع **ITER** اتفاقية تعاون تقني مع الوكالة الوطنية للاندماج النووي في أستراليا. وقد بدأ بناء هذا المفاعل في عام ٢٠١٣ وبلغت تكاليف البناء أكثر من ١٤ مليار دولار أمريكي في يونيو ٢٠١٥. ومن المتوقع أن يتم الانتهاء من مرحلة البناء في عام ٢٠٢٥ وسيبدأ تشغيل المفاعل في نفس العام. ومن المقرر البدء بتجارب البلازما الأولية في عام ٢٠٢٥، مع إجراء تجارب الاندماج الكامل للديتريوم والتريتيوم في عام ٢٠٣٥. وقد ساهم آلاف المهندسين والعلماء في تصميم هذا المفاعل منذ إطلاق فكرة التجربة الدولية المشتركة في الاندماج النووي لأول مرة في عام ١٩٨٥.

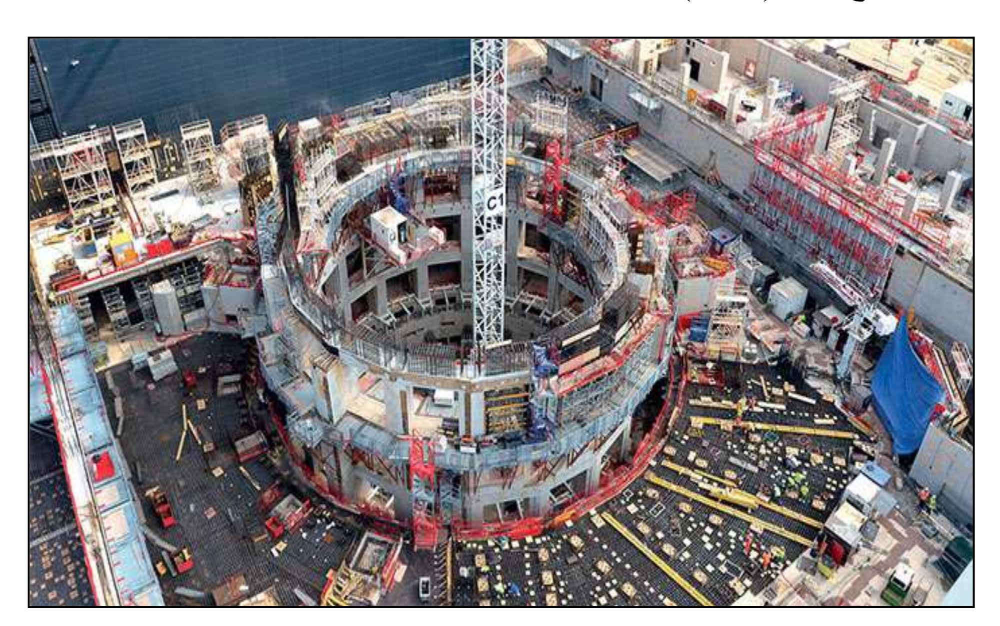
وقد تم اقتراح فكرة هذا المفاعل النووي الإندماجي في عام ١٩٨٧ وتم تصميمه كمفاعل تجريبي حراري دولي، وفقا للدراسة التي نشرتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام ٢٠٠٢. وبحلول عام ٢٠٠٥، تخلت منظمة مفاعل **ITER** عن المعنى الأصلي من الاختصار **ITER** وهو اسم مختصر من **International Thermonuclear Experimental Reactor** وبدلاً من ذلك اعتمدت معنى جديدًا وهو الكلمة اللاتينية **ITER** التي تعني الطريق.

وتم تصميم مفاعل الانصهار الحراري النووي التابع لمجمع **ITER** لإنتاج بلازما انصهار تعادل ٥٠٠ ميجاواط من الطاقة الحرارية الناتجة لحوالي عشرين دقيقة، في حين يتم حقن ٥٠ ميجاوات من الطاقة الحرارية في المفاعل، مما يؤدي إلى كسب عشرة أضعاف الكمية الأولية لتسخين البلازما. وبالتالي يهدف المفاعل إلى إثبات مبدأ إنتاج طاقة حرارية أكثر من عملية الانصهار عن استخدامها لتسخين البلازما، وهو أمر لم يتحقق بعد في أي مفاعل اندماج آخر. وستتراوح الطاقة الإجمالية التي يستهلكها المفاعل والمنشآت من ١١٠ ميجاوات إلى ٦٢٠ ميجاوات في الذروة لمدة ٣٠ ثانية أثناء تشغيل البلازما. ولم يتم تضمين تحويل الطاقة الحرارية الناتجة إلى طاقة ميكانيكية ثم كهربية لكن هدفه هو التجارب النووية الاندماجية والتي منها الحصول على الطاقة الكهربية.

ويعتبر مفاعل التوكاماك آلة تجريبية ضخمة مصممة لتسخير طاقة الانصهار. داخل التوكاماك يتم امتصاص الطاقة الناتجة عن اندماج الذرات كحرارة في جدران الوعاء. تمامًا مثل مفاعلات الطاقة التقليدية، وفي المستقبل سيتم بناء المحطات النووية الاندماجية بحيث تستخدم هذه الحرارة لإنتاج البخار ثم الكهرباء عن طريق التوربينات والمولدات. وقلب التوكاماك هو حجرة كبيرة مفرغة في داخلها وتحت تأثير الحرارة والضغط الشديدين يصبح وقود الهيدروجين الغازي بلازما وهي البيئة ذاتها التي يمكن فيها جلب ذرات الهيدروجين إلى الصمامات وتوليد الطاقة. يمكن تشكيل جسيمات البلازما المشحونة والتحكم فيها بواسطة ملفات مغناطيسية ضخمة. فيزيائياً تستخدم هذه الخاصية المهمة لحصر البلازما الساخنة بعيداً عن جدران الأوعية. ويأتي مصطلح توكاماك إلينا من اختصار روسي يشير إلى حجرة حلقية ذات ملفات مغناطيسية.

وتم تطوير فكرة التوكاماك كمفاعلات نووية اندماجية لأول مرة في العالم في أواخر الستينات من القرن الماضي، وقد تم تبنيها في جميع أنحاء العالم باعتبارها أكثر التكوينات الواعدة لجهاز الانصهار المغناطيسي. ومن هذه الفكرة يأتي مفاعل **ITER**.

ويوضح شكل (٢-٢٧) مرحلة بناء مفاعل **ITER** بجنوب فرنسا.



شكل (٢-٢٧) مرحلة بناء مفاعل ITER بجنوب فرنسا

٢-١٠-٦ الطاقة النووية والبيئة:

شهدت تصاميم المفاعلات النووية الحديثة العديد من التحسينات في مجال السلامة منذ الجيل الأول من المفاعلات النووية. وتتطلب معظم المفاعلات التحكم المستمر في درجة الحرارة لمنع الانهيار النووي الذي قد يحدث من خلال حادث أو كارثة طبيعية حيث يكون هناك انفجار وتسرب للإشعاع النووي وجعل المنطقة المحيطة غير صالحة لتواجد الناس.

ويرى المؤيدون للطاقة النووية أنها مصدر للطاقة المستدامة حيث تقلل انبعاثات الكربون ولا تنتج تقريبا تلوثا للهواء على النقيض من البديل الرئيسي القابل للتطبيق الوقود الأحفوري وأن الطاقة النووية هي الطريق الوحيد القابل للاستمرار لتحقيق استقلال الطاقة بالنسبة لمعظم البلدان الغربية علي فرض أن مخاطر تخزين النفايات صغير ويمكن تخفيضها باستخدام أحدث التقنيات في المفاعلات الحديثة. بينما يرى المعارضون أن الطاقة النووية تفرض العديد من التهديدات على الناس والبيئة وتشمل المخاطر الصحية والأضرار البيئية الناجمة عن استخراج اليورانيوم أو نقله والأخطار الناجمة من الانفجارات وتسرب الإشعاعات النووية وأخطار استخدام الأسلحة النووية ومشكلة التخلص من النفايات النووية.

والاشعاع النووي إن لم يكن قاتلا فهو يتسبب في عاهات وتشوهات وإعاقات تصعب معالجتها. وتنتج من تأثير الإشعاع النووي علي مكونات الخلايا الحية نتيجة تفاعلات لا علاقة لها بالتفاعلات الطبيعية في الخلية. وحجم الجرعة المؤثرة يختلف حسب نوعية الكائنات.

وكمية النفايات المشعة نتيجة الانشطار النووي بمحطات إنتاج الكهرباء بالمفاعلات النووية محدودة مقارنة بكمية النفايات بالمحطات الحرارية التي تعمل بالطاقة الأحفورية كالنفط أو الفحم. فالنفايات النووية تصل ٣ ملليجرام لكل كيلو وات ساعة مقابل حوالي ٧٠٠ جرام ثاني أكسيد الكربون لكل كيلو وات ساعة بالمحطات الحرارية العادية. ولكن هذه الكمية الصغيرة جدا من الإشعاع النووي قد تكون قاتلة أو تتسبب في عاهات وتشوهات لا علاج لها. وقد تستمر فاعلية الإشعاعات لقرون بل لآلاف السنين حتى يخمد هذا الإشعاع أو يصل إلى مستوى يعادل الإشعاع الطبيعي. لهذا يحاول العلماء توليد الطاقة النووية عن طريق الاندماج النووي بدلا من الانشطار النووي الذي فيه ذرات اليورانيوم تنشطر وتعطي بروتونات ونيوترونات وجسيمات دقيقة من الطاقة التي تولد الكهرباء كما هو قائم في بناء مفاعل **ITER** .

وتتكون النفايات المشعة من وقود المفاعل النووي المشع أو المستهلك الذي لم يعد مفيدا لإنتاج الكهرباء. ووقود المفاعل المستهلك يكون في شكل صلب يتكون من حبيبات وقود صغيرة في أنابيب معدنية طويلة وهي قضبان الوقود النووي. وتجدر الإشارة إلى أن تجمعات وقود المفاعل المستهلكة شديدة الإشعاع يجب أن يتم تخزينها في البرك المائية المصممة خصيصا لهذا الغرض فالماء يبرد الوقود ويعمل بمثابة درع ضد الإشعاع.

ويمكن أيضا تخزين تجمعات وقود المفاعل المستهلك في حاويات تخزين جافة مصممة خصيصا لذلك. ويقوم عدد متزايد من مشغلي المفاعلات الآن بتخزين وقودهم المستهلك في مرافق التخزين الجاف باستخدام حاويات خاصة من الخرسانة أو الصلب مع تبريد الهواء.

والإنهاء النووي هو تفكيك محطة للطاقة النووية وإزالة التلوث من الموقع بحيث تتم حماية الناس من الإشعاع. فعندما يتوقف مفاعل نووي عن العمل، يجب إيقاف تشغيله. ويشمل الإخراج من الخدمة بشكل آمن إزالة جميع المعدات التي أصبحت مشعة من المفاعل وتقليل النشاط الإشعاعي إلى مستوى يسمح بالاستخدامات الأخرى لمبنى المفاعل أو إزالته. والفرق الرئيسي مع تفكيك محطات الطاقة الأخرى هو وجود المواد المشعة التي تتطلب احتياطات خاصة للإزالة والنقل بطريقة آمنة إلى مستودع النفايات. ومع ذلك صممت المحطات النووية أصلا من أجل حياة يبلغ متوسطها نحو ٣٠ سنة ويشمل إيقاف التشغيل اجراءات إدارية وفنية كثيرة. ويشمل تنظيف النشاط الإشعاعي والهدم التدريجي للمحطة. وحالما يتم إيقاف تشغيل المفاعل النووي ينبغي ألا يكون هناك خطر وقوع حادث إشعاعي واتباع تدابير متقدمة خاصة بالأمن النووي.

ولدى لجنة التنظيم النووي في الولايات المتحدة قواعد صارمة تنظم تشغيل محطة الطاقة النووية التي تنطوي على تنظيف أنظمة وهياكل محطات توليد الطاقة الملوثة إشعاعيا وإزالة الوقود المشع.

وقد يؤدي التفاعل النووي غير المنضبط في مفاعل نووي إلي تلوث واسع النطاق للهواء والماء .وخطر حدوث ذلك في محطات الطاقة النووية في الولايات المتحدة ضئيل إلى حد كبير بسبب الحواجز المتنوعة والمكررة والعديد من نظم السلامة القائمة في محطات الطاقة النووية، وتدريب ومهارة مشغلي المفاعلات، وأنشطة الاختبار والصيانة، والمتطلبات التنظيمية والإشراف على لجنة التنظيم النووي الأمريكية .وتحد فرق الأمن المسلح منطقة كبيرة تحيط بمحطات الطاقة النووية وتحرسها .كما تمتلك المفاعلات الامريكية سفن احتواء مصممة لمواجهة الاحوال الجوية المتطرفة والزلازل. وفي **شكل (٢-٢٨)** صورة الانبعاثات من أبراج المحطات النووية.



شكل (٢-٢٨) الانبعاثات من أبراج المحطات النووية

٢-١٠-٧ الحوادث النووية :

ومنذ منتصف القرن الماضي حتى وقعت بعض الحوادث النووية كالعدوان بالسلاح النووي أو تفجيرات التجارب النووية أو الانفجارات الناتجة من أخطاء تشغيل أو بسبب ظروف الطبيعية مثلما حدث مؤخرا في اليابان .

العدوان الأمريكي النووي على اليابان عام ١٩٤٥

أُستُعملَت القنبلة الذرية مرتين في تاريخ الحروب. وكانتا كلتاهما أثناء الحرب العالمية الثانية عندما قامت الولايات المتحدة الأمريكية بإسقاط قنبلة ذرية على مدينتي هيروشيما وناجازاكي في اليابان في أواخر أيام الحرب. وأوقعت الهجمة النووية على اليابان عددا مهولا من الضحايا أكثر من ١٢٠ ألف شخص معظمهم من المدنيين وذلك في نفس اللحظة، كما أدت إلى مقتل ما يزيد عن ضعفي هذا العدد في السنوات اللاحقة نتيجة التسمم الإشعاعي أو ما يعرف بمتلازمة الإشعاع الحادة. واستنكرت الكثير من الدول الهجوم النووي الأمريكي على هيروشيما وناجازاكي إلا أن الولايات المتحدة زعمت أنها أفضل طريقة لتجنب أعداد أكبر من القتلى إن استمرت الحرب العالمية الثانية فترة أطول.

والولد الصغير هو الاسم الذي أطلق على أول قنبلة ذرية ألقيت على مدينة هيروشيما اليابانية في ٦ أغسطس سنة ١٩٤٥من قاذفة القنابل بي ٢٩ إينولا جاى والتي كان يقودها الكولونيل بول تيبيتس من السرب ٣٩٣ من القوات الجوية الأمريكية. وتعتبر هذه القنبلة هي أول سلاح نووي يتم استخدامه وبعدها بثلاثة أيام تم إلقاء القنبلة الثانية وسميت الرجل البدين على مدينة ناجازاكي .

وقد فُجرت أول قنبلة نووية للاختبار في الولايات المتحدة الأمريكية في١٦ يوليو **1945**في منطقة تدعى صحراء ألاموجوردو الواقعة في ولاية نيو مكسيكو في الولايات المتحدة، وسميت القنبلة باسم القنبلة (أ) وكان هذا الاختبار بمثابة ثورة في عالم المواد المتفجرة والأسلحة المدمرة. وبهذه العملية فإن شكلاً دائرياً صغيراً بحجم كف اليد يمكن أن يسبب انفجاراً تصل قوته إلى قوة انفجار تحدثه مئات الآلاف من الأطنان من مادة تي إن تي.

وبعد الهجوم النووي على هيروشيما وناجازاكي وحتى وقتنا الحاضر وقع ما يقارب ألفي انفجاراً نووياً كانت بمجملها انفجارات تجريبية واختبارات قامت بها الدول الثمانية التي أعلنت عن امتلاكها لأسلحة نووية وهي الولايات المتحدة وروسيا وفرنسا والمملكة المتحدة والصين وباكستان والهند وكوريا الشمالية .

حريق «ويندسكيل» عام ١٩٥٧

في سباق التسلح بعد الحرب العالمية الثانية، حاولت المملكة المتحدة تطوير قنابل نووية خاصة بها، وتحقيقاً لهذه الغاية بنت مفاعلين نوويين باسم «ويندسيكل» ١ و٢. واندلع حريق في المفاعل الأول خلال عملية تحضير الصلب، ولم ينجحوا في السيطرة عليه، ليترك وراءه ما يقرب من ٢٠٠-٢٤٠ حالة سرطان.

حادثة «ثري مايل آيلاند» بالولايات المتحدة ١٩٧٩

في عام ١٩٧٩ ضربت أسوأ كارثة نووية في التاريخ الأميركي جزيرة (ثري مايل) في بنسلفانيا. وقد لعبت حجرة الاحتواء دورا رئيسيا في تحجيم الخسائر، وأن المبنى الاحتياطي للمحطة كان سببا في الانبعاثات الضعيفة التي أثرت على البيئة.وتقول لوحة معدنية على أحد شوارع الجزيرة تصف ما حدث عام ١٩٧٩ بأن هذا الانفجار أحدث تغييرات في صناعة محطات توليد الطاقة النووية حول العالم.

حادثة «تشرنوبيل» في أوكرانيا ١٩٨٦

السبب الأول للحادث كان المفاعل نفسه: إذ لم تأخذ السلطات السوفياتية اعتبارات السلامة الكافية خلال تصميم المفاعل الذي يعمل بغليان المياه. أما السبب الثاني فيعود إلى كونها تجربة جديدة لنظام جديد للتبريد في قلب المحطة . وخلال هذه التجربة لم يلتزم المشغلون بالتوصيات الأمنية وعطلوا بعض أنظمة التوقف والتبريد، وفي النهاية لم يعرف الطاقم كيفية استباق الحادث المدمر وتعطيله، حتى إنه فاقم الكارثة من خلال تصرفات غير ملائمة. واجتمعت عوامل عدة قاتلة وانشطرت وحدات الوقود كما انفجرت كريات اليورانيوم التي تحتويها بفعل الحرارة. وهو انفجار هائل لدرجة أنه تسبب في رفع الغطاء العلوي للمفاعل والذي يزن ٢٠٠٠ طن .وبما أن المحطة لم تكن مزودة بحوض للاحتواء خلافا لمفاعل جزيرة ثري مايل وفوكوشيما، بات قلب مفاعل تشرنوبيل في الهواء الطلق في احتكاك مباشر مع الهواء الخارجي . توفي شخصان على الفور و٢٨ آخرون في الأسابيع المقبلة. وما بين ١٩٨٧ و٢٠٠٤ توفي ١٧ شخصا ونحو ٦٠٠ ألف عسكري ومدني توالوا إلى الموقع في السنوات التي تلت الانفجار . إلا أن تقييم الأثر على صحتهم كان صعبا بسبب غياب المتابعة الدقيقة، كما الحال بالنسبة للخمسة إلى الستة ملايين شخص الذين يعيشون على الأراضي الأكثر تضررا من الانبعاثات الإشعاعية. وبحسب الأمم المتحدة، أدى الحادث إلى سقوط ٤ آلاف قتيل. إلا أن الحصيلة قد تبلغ عشرات آلاف الضحايا بحسب التقديرات غير الرسمية لمنظمات غير حكومية عدة .

حادثة «غويانيا» بالبرازيل

في عام ١٩٨٥ بمدينة «غويانيا» وسط البرازيل، قُتل ٤ أشخاص وجرح ٢٨ فضلاً عن ٢٠٠ حالة تسمم في حادث تلوث إشعاعي بالمدينة بسبب انفجار إحدى المفاعلات .

مفاعل «فوكوشيما» في اليابان ٢٠١١

تعد تلك الحادثة أكبر كارثة نووية شهدها العالم في منطقة مساحتها ٣٠ كيلومتر مربع مدمرة تماماً ومازالت غير مأهولة حتى وقتنا الحالي، يعود سبب الحادث إلى زلزال بقوة ٨,٩ درجات هو الأقوى في تاريخ الزلازل التي تم تسجيلها في اليابان، وموجة التسونامي التي نجمت عنه. أدى الزلزال إلى قطع التغذية الخارجية بالتيار الكهربائي في المحطة وفي ستة من مفاعلاتها، من بينها ثلاثة مفاعلات متوقفة عن العمل للصيانة، ما أدى إلى تعطيل نظام التبريد الرئيسي. ووصل مستوى النشاط الإشعاعي الذي تم رصده حول الموقع الذي أحيط بمنطقة أمنية، وتم إجلاء القاطنين فيها إلى ٢٠ كيلومتر ويعرض **شكل (٢-٢٩)** صورة لانفجار مفاعل «فوكوشيما» في اليابان.



شكل (٢-٢٩) صور لانفجار مفاعل «فوكوشيما» في اليابان

٢-١٠-٨ السلاح النووي:

هو سلاح تدمير فتاك يستخدم عمليات التفاعل النووي، يعتمد في قوته التدميرية على عملية الانشطار النووي أو الاندماج النووي. ونتيجة لهذه العملية تكون قوة انفجار قنبلة نووية صغيرة أكبر بكثير من قوة انفجار أضخم القنابل التقليدية، حيث أن بإمكان قنبلة نووية واحدة تدمير أو إلحاق أضرار فادحة بمدينة بكاملها. لذا تعتبر الأسلحة النووية أسلحة دمار شامل ويخضع تصنيعها واستعمالها إلى ضوابط دولية حرجة ويمثل السعي نحو امتلاكها هدفاً تسعى إليه دول كثيرة.

وفي الوقت الحاضر توجد خمس دول أعلنت أنها دول تمتلك أسلحة نووية، وقامت بتوقيع معاهدة الحد من انتشار الأسلحة النووية وهذه الدول هي الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي (روسيا حاليا) وفرنسا والمملكة المتحدة والصين .هناك دولتان أعلنتا امتلاكهما لأسلحة نووية دون أن توقعا على معاهدة الحد من انتشار الأسلحة النووية وهما باكستان والهند. وكوريا الشمالية أعلنت رسميا عن امتلاكها لأسلحة نووية لكنها لم تقدم أدلة ملموسة حول إجراء اختبار لقنبلتها النووية، ويحيط الكثير من الغموض بالملف النووي الكوري. وعلى النقيض من كوريا الشمالية كانت جنوب أفريقيا تمتلك في السابق ترسانة نووية لكنها قررت تدميرها .

ويعرض شكل (٢-٣٠) صورقنابل نووية أمريكية نوع مارك ٦ والنوع مارك ٣٩.



شكل (٢-٣٠) قنابل نووية أمريكية نوع مارك ٦ (١٩٥١ – ١٩٥٥) ناتج ١٦٠ كيلو طن والنوع مارك ٣٩ (١٩٥٧ – ١٩٦٦) بناتج ٤ ميجا طن

ووجهت مؤخرا اتهامات إلى إيران من قبل الولايات المتحدة وبعض الحكومات الغربية بامتلاكها قنابل المواد المخصبة وهي نوع من الأسلحة النووية الانشطارية، ولكن إيران نفت هذه الاتهامات كما أصدرت فتوى بتحريم السلاح النووي من قبل المرشد الأعلى للثورة الإسلامية في إيران في عام **2003** تعتبر استخدام هذه الأسلحة وسائر صنوف أسلحة الدمار الشامل كالأسلحة الكيمياوية والبيولوجية خطراً حقيقياً على البشرية وبالتالي حرامًا. وقامت منظمة الوكالة الدولية للطاقة الذرية بإجراء عمليات تفتيش على مختلف المفاعلات النووية الإيرانية عدة مرّات، منها مفاعل أراك في يوليو ٢٠٠٧ ومنشأة فوردو في أكتوبر ٢٠٠٩ .

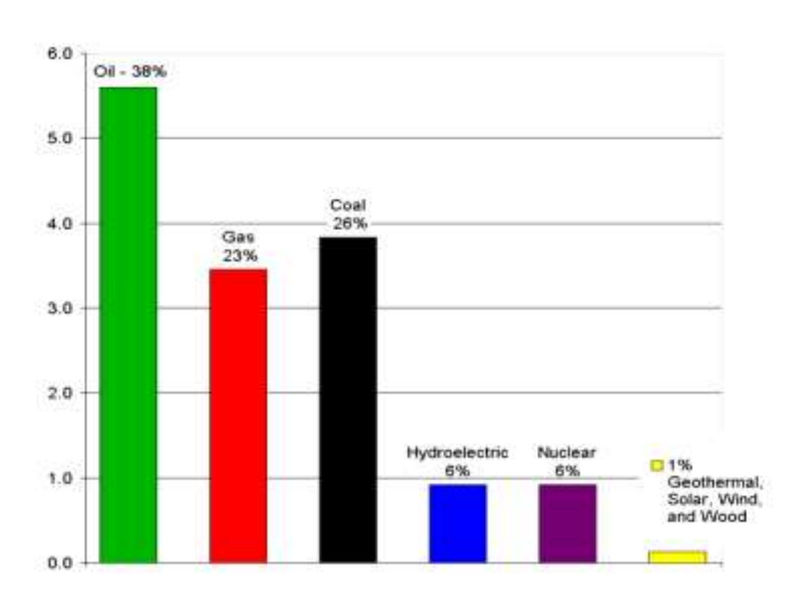
وهناك شكوك كبيرة في امتلاك إسرائيل لأسلحة نووية، غير أن الحكومات الإسرائيلية لم تعلن أو تنكر رسميا امتلاكها لأسلحة نووية حتى الآن. ولإسرائيل مفاعل نووي هو مفاعل ديمونة .وفي عام **1986** كشف أحد العلماء الإسرائيليين واسمه مردخاي فعنونو معلومات عن مفاعل ديمونة بعد أن قام بتصوير ٦٠ صورة من أقسام سرية للمفاعل تقع تحت الأرض. وبعد فحص الصور والمعلومات من قبل مختصين قاموا بتأكيد أن إسرائيل استطاعت تصنيع **200** قنبلة نووية حتى عام **1986**. ونتيجة لذلك تم اختطافه واعتقاله من قبل الموساد الإسرائيلي. وهناك اعتقاد سائد بأن إسرائيل قد قامت في عام ١٩٧٩ بإجراء تفجير اختباري دون أن تتوفر الأدلة لإثبات هذه المزاعم. ومن الجدير بالذكر أن إسرائيل لم توقع على اتفاقية منع انتشار أسلحة الدمار الشامل والسلاح النووي. ولم تنفي أو تؤكد إذا كانت تمتلك قنابل نووية أم لا. ولكن البعض يعتقد أن أسرائيل تحيط ملفها النووي بكثير من الغموض لأهداف سياسية مع الدول العربية المجاورة مثله مثل الحرب النفسية وأن إسرائيل ليست مؤهلة تكنولوجيا لصناعة القنابل النووية وأنها لو كانت ممتلكة قنابل نووية فإنها أمريكية الصنع.

الفصل الثالث - المصادر المتجددة للطاقة

٣-١ الطاقة المتجددة:

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ أي الطاقة المستدامة. ومصادر الطاقة المتجددة، تختلف جوهريا عن الوقود الأحفوري البترول والفحم والغاز الطبيعي، أو الوقود النووي الذي يستخدم في المفاعلات النووية. ولا تنشأ عن الطاقة المتجددة في العادة مخلفات كثاني أكسيد الكربون أو غازات ضارة أو تعمل على زيادة الاحتباس الحراري كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري أو المخلفات الذرية الضارة الناتجة من مفاعلات القوي النووية. والطاقة المتجددة تُشتق من عمليات طبيعية والتي تتجدد باستمرار في أشكال مختلفة. وهي مشتقة مباشرة من الشمس، أو من الحرارة المتولدة في أعماق الأرض. ومن ضمن تعاريفها أنها هي الطاقة الكهربائية والحرارة المتولدة من الشمس، الرياح، الكتلة الحيوية، الموارد الحرارية الأرضية، والوقود الحيوي، والهيدروجين المشتق من الموارد المتجددة.

وحالياً أكثر إنتاج للطاقة المتجددة يُنتج في محطات القوي الكهرومائية بواسطة السدود العظيمة أينما وجدت الأماكن المناسبة لبنائها علي الأنهار ومساقط المياه. وتستخدم الطرق التي تعتمد علي الرياح والطاقة الشمسية علي نطاق واسع في البلدان المتقدمة وبعض البلدان النامية. ووسائل إنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة أصبحت مألوفة في الآونة الأخيرة. وهناك بلدان عديدة وضعت خططا لزيادة نسبة إنتاجها للطاقة المتجددة بحيث تغطي احتياجاتها من الطاقة بنسبة ٢٠% من استهلاكها عام ٢٠٢٠. وفي مؤتمر كيوتو باليابان اتفق معظم رؤساء الدول علي تخفيض إنتاج ثاني أكسيد الكربون في الأعوام القادمة وذلك لتجنب التهديدات الرئيسية لتغير المناخ بسبب التلوث واستنفاد الوقود الأحفوري، بالإضافة للمخاطر الاجتماعية والسياسية للوقود الأحفوري والطاقة النووية. وشكل (٣-١) يعرض نسب مصادر الطاقة في العالم لعام ٢٠١٤.



شكل (٣-١) نسب مصادر الطاقة في العالم -٢٠١٤

ويزداد مؤخراً ما يعرف باسم تجارة الطاقة المتجددة الذي هي نوع من الأعمال التي تتعلق بتحويل الطاقات المتجددة إلى مصادر للدخل والترويج لها، التي على الرغم من وجود الكثير من العوائق غير التقنية التي تمنع انتشار الطاقات المتجددة بشكل واسع مثل كلفة الاستثمارات العالية الابتدائية وغيرها إلا أن ما يقارب ٦٥ دولة تخطط للاستثمار في الطاقات المتجددة، وعملت على وضع السياسات اللازمة لتطوير وتشجيع الاستثمار في الطاقات المتجددة.

وطاقة الرياح تنمو بمعدل ٣٠% سنوياً وهي تستخدم على نطاق واسع في أوروبا، آسيا، والولايات المتحدة. ومحطات الطاقة الفولتوضوئية المعتمدة على ضوء الشمس منتشرة في ألمانيا وإيطاليا والصين واليابان وتوجد محطات الطاقة الشمسية الحرارية في الولايات المتحدة وإسبانيا. وتمتلك البرازيل واحداً من أكبر برامج الطاقة المتجددة في العالم، حيث تقوم بإنتاج وقود الإيثانول من قصب السكر، يوفر الإيثانول الآن ١٨% من وقود السيارات هناك. وكذلك وقود الإيثانول متاح على نطاق واسع في الولايات المتحدة.

وحتى عام ٢٠١١، كانت الأنظمة الفولتوضوئية الشمسية الصغيرة توفر الكهرباء لبضع ملايين الأسر في الهند ، وأكثر من ٤٤ مليون أسرة تستخدم الغاز الحيوي في الإضاءة والطبخ، وأكثر من ١٦٦ مليون أسرة تعتمد على الجيل الجديد من أفران الطبخ الأكثر كفاءة والتي تعمل بالكتلة الحيوية .

والتطور السريع للطاقة المتجددة وكفاءتها والتنوع التكنولوجي لمواردها من شأنه أن يؤدي إلى تأمين الطاقة وفوائدها الاقتصادية . وحلت الطاقة المتجددة محل الوقود التقليدي في أربعة مجالات مهمة وهي توليد الكهرباء و السخانات والدفايات، ووقود السيارات، وخدمات الطاقة الريفية.

والطاقة المتجددة توفر ١٩% من توليد الكهرباء في العالم. فمولدات الطاقة المتجددة تنتشر في بلدان كثيرة، وطاقة الرياح بمفردها تساهم بالفعل بحصة كبيرة في الكهرباء في بعض المناطق على سبيل المثال ١٤% في ولاية أوهايو الأمريكية، ٤٠% في ولاية شلسفيج-هولشتاين شمال ألمانيا، و٤٩% في الدنمارك. بعض البلدان تحصل على معظم حاجتها من الطاقة عن طريق الطاقة المتجددة، وتشمل أيسلندا ١٠٠%، النرويج ٩٨%، البرازيل **86%**، النمسا ٦٢%، نيوزيلاندا ٦٥%، السويد ٥٤**%**. وقد وصلت نسبة استخدام الطاقة المتجددة إلى ٣٢% من إجمالي الطاقة في دول الاتحاد الأوروبي حيث نقصت نسبة استخدام الفحم إلى ٣٠% عام ٢٠١٢ ثم إلى ٦% عام ٢٠١٨ ونقصت نسبة انبعاث ثاني أكسيد الكربون إلى ٤٠% عام ٢٠١٢ ثم إلى ٥% عام ٢٠١٨.

والسخانات الشمسية تقود بإسهام كبير في التسخين في الكثير من البلدان، أشهرها الصين، والتي تمتلك حالياً ٧٠% من الإجمالي العالمي . فمعظم هذه الأنظمة مثبتة على مباني يسكنها عائلات وتلبي جزءا من احتياجات المياه الساخنة لما يقدر بحوالي ٦٠ مليون أسرة في الصين. واستمر في النمو استخدام الكتلة الحيوية للتسخين كما في السويد، لاستخدامها لطاقة الكتلة الحيوية تفوقها على استخدامها للنفط.

والوقود الحيوي المتجدد ساهم في تراجع كبير لاستهلاك النفط في الولايات المتحدة منذ ٢٠٠٦. ففي عام ٢٠٠٩ كان الانتاج العالمي للوقود الحيوي ٩٣ بليون لتر ليحل محل ما يكافئ ٦٨ بليون لتر من البنزين، يساوي حوالي ٥% من الانتاج العالمي من البنزين .

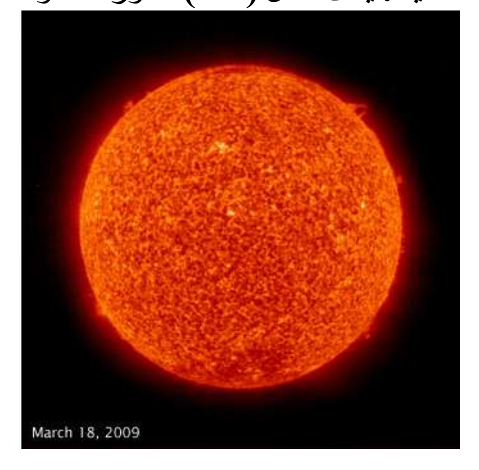
وعلى المستوى القومي، على الأقل ٣٠ بلد حول العالم لديها بالفعل طاقة متجددة تساهم في أكثر من ٢٠% من إمدادات الطاقة. والأسواق القومية للطاقة المتجددة من المتوقع أن تستمر في النمو بقوة في العقد القادم وما وراءه، وحوالي ١٢٠ بلد لديها أهداف سياسية مختلفة لإسهام طويل المدى في الطاقة المتجددة، وتشمل استهداف ٢٠% من إجمالي الكهرباء المتولد في الاتحاد الأوروبي بحلول ٢٠٢٠. بعض البلدان لديها أهداف سياسية طويلة المدى أعلى بكثير لأكثر من ١٠٠% من الطاقة المتجددة. ففى خارج أوربا، مجموعة متنوعة من بلدان أخرى تستهدف إسهامات طاقة متجددة في الإطار الزمني ٢٠٢٠ إلى ٢٠٣٠ ويتراوح بين ١٠% إلى ٥٠**%** من استهلاكها للطاقة.

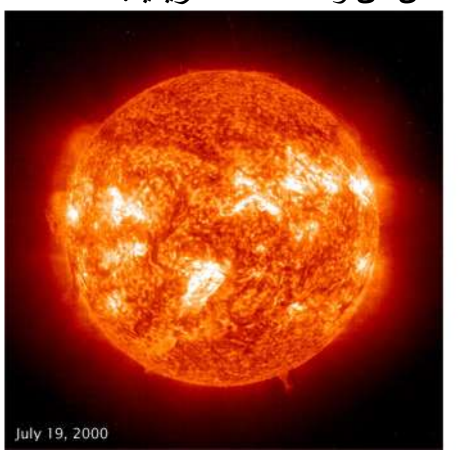
وفي استطلاعات رأي عامة دولية كان هناك تأييد قوي لتعزيز الموارد المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وتتطلب مرافقا لاستخدام المزيد من الطاقة المتجددة وتقديم حوافز ضريبية لتشجيع التطوير واستخدام مثل هذه التكنولوجيا. وهناك تفاؤل كبير بأن الإستثمارات في مجال الطاقة المتجددة ستؤتي ثمارها الاقتصادية على المدى الطويل .

ومخاوف التغير المناخي والاحترار العالمي، والتي تزامنت مع أسعار النفط المرتفعة والدعم الحكومي المتزايد، دفعت لزيادة التشريعات المتعلقة بالطاقة المتجددة مع الحوافز والاستخدام التجاري. فالانفاق الحكومي الجديد والتنظيم والسياسات ساعدت الصناعة في ظل الأزمة المالية العالمية وكانت أفضل من الكثير من القطاعات الأخرى. وحسب تخطيط ٢٠١١ من الوكالة الدولية للطاقة فمولدات الطاقة الشمسية قد تنتج معظم الكهرباء في العالم في غضون ٥٠ سنة مما سيقلل بشكل كبير من إنبعاثات الغازات الدفيئة التي تضرب بالبيئة.

٣-٢ الطاقة الشمسية:

الشمس هي النجم المركزي للمجموعة الشمسية. وهي تقريباً كروية وتحوي بلازما حارة متشابكة مع المجال المغناطيسي. و يبلغ قطرها حوالي ١٣٩٢٦٨٤ كيلومتر، وهو ما يعادل ١٠٩ أضعاف قطر الأرض ، وكتلتها **2×10^{30}** كيلوجرام وهو ما يعادل ٣٣٠٠٠٠ ضعف كتلة الأرض مما يشكل نسبة ٩٩,٨٦ % من كتلة المجموعة الشمسية **.** يمثل **شكل (٣-٢)** صورة مأخوذة للشمس من وكالة ناسا الأمريكية.

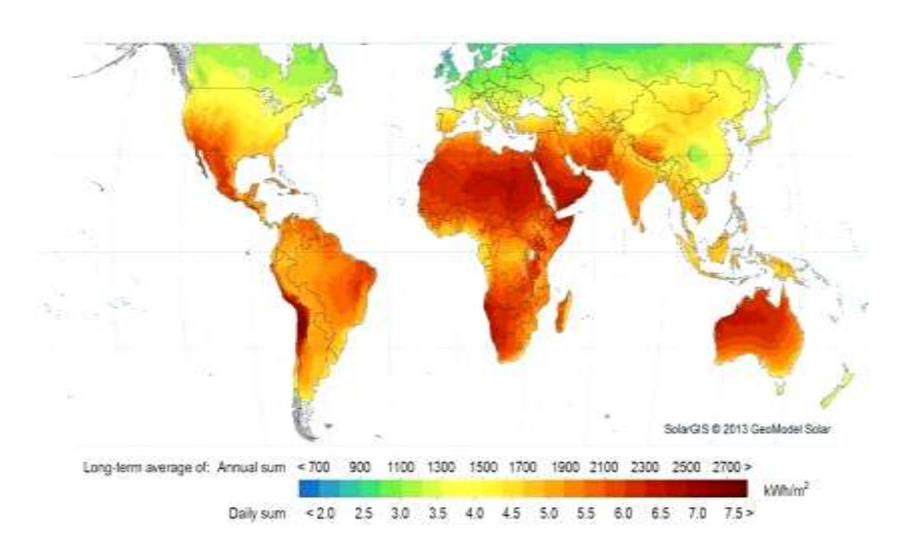




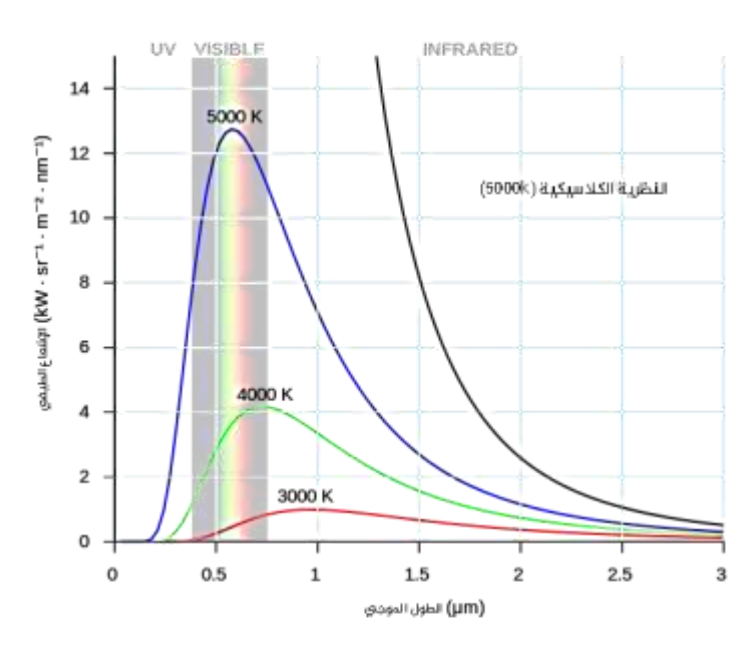
شكل (٣-٢) صورة مأخوذة للشمس بالتصوير فوق البنفسجي للتلسكوب (EIT) - وكالة ناسا

والشمس هي إحدى نجوم مجرتنا مجرة درب التبانة التي تحوي نحو ٢٠٠ مليار نجم تقريباً، ومجرتنا نفسها تتبع مجموعة مجرات أخرى تسمي المجموعة المحلية . ويبلغ الفضاء الكوني الذي تشغله تلك المجموعة كرة نصف قطرها نحو ١٠ ملايين سنة ضوئية هذا بالمقارنة بسرعة الضوء الذي يصلنا من الشمس مستغرقا نحو ٨ دقائق . ومن الناحية الكيميائية يشكل الهيدروجين ثلاثة أرباع مكونات الكتلة الشمسية، أما البقية فهي في معظمها هليوم مع وجود نسبة ١,٦٩% وتقريباً تعادل ٥٦٢٨ من كتلة الأرض من العناصر الأثقل متضمنة الأكسجين والكربون والنيون والحديد وعناصر أخرى . والطاقة الشمسية هي الضوء والحرارة المنبعثان من الشمس ويصل بعضهما إلى الأرض فوجود الشمس عامل أساسي في استمرار الحياة على هذا الكوكب. وقد استفاد الإنسان من هذه الطاقة الشمسية منذ عصور قديمة باستخدام مجموعة من الوسائل التي تتطور باستمرار. وتضم تقنيات استخدام الطاقة الشمسية استغلال الطاقة الحرارية للشمس سواء للتسخين المباشر أو ضمن عملية تحويل ميكانيكي لحركة أو لطاقة كهربائية أو لتوليد الكهرباء عبر الظواهر الكهروضوئية باستخدام ألواح الخلايا الضوئية. بالإضافة إلى التصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية، وهي تقنيات تستطيع المساهمة بشكل بارز في حل الكثير من مشاكل احتياج الطاقة في العالم .

وتعزى معظم مصادر الطاقة المتجددة المتوافرة على سطح الأرض إلى الإشعاعات الشمسية مثل طاقة الرياح وطاقة الأمواج والطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية بالإضافة إلى مصادر الطاقة الثانوية . ومن الأهمية هنا أن نذكر أنه لم يتم استخدام سوى جزء صغير من الطاقة الشمسية المتوافرة في حياتنا. ويتم توليد طاقة كهربية من الطاقة الشمسية بواسطة محركات حرارية أو محولات كهروضوئية. وبمجرد أن يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية يكون متاح للانسان التحكم في استخداماتها. ومن التطبيقات التي تتم باستخدام الطاقة الشمسية نظم التسخين والتبريد خلال التصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية، والماء الصالح للشرب والزراعة خلال التقطير والتطهير أو التحلية ، واستغلال ضوء النهار، وتسخين المياه، والطهو بالطاقة الشمسية، و**شكل (٣-٣)** يبين خريطة الإشعاع الشمسي في العالم. **وشكل (٣-٤)** يوضح علاقة الطول الموجي والإشعاع الصادر من الشمس.



شكل (٣-٣) خريطة الاشعاع الشمسي في العالم



شكل (٣-٤) علاقة الطول الموجي والاشعاع الصادر من الشمس

وتعد الطاقة الشمسية أهم مصدر حميد للطاقة على الكرة الأرضية. ويتكون الإشعاع الشمسي الكلي الذي يصل الأرض من جزئين الأول هو الإشعاع المباشر الصادر عن الشمس نفسها الذي يمكن تركيزه بواسطة العدسات أو المرايا التي يمكن أن تُصمم بحيث تتبع مسار الشمس تتبعاً كاملاً على مدار العام، أو تكون ذات ميل ثابت يمكن تغييره دورياً على حسب فصول السنة. أما الجزء الثاني هو الإشعاع المتشتت أو المنعكس سواء عند سطح الأرض أو من هواء الغلاف الجوي .

ويمكن الإستفادة من الطاقة الشمسية عن طريق المنظومات الحرارية التي تجمع الإشعاع الشمسي لرفع درجة حرارة مائع ما في الغالب الماء أو عن طريق المنظومات الضوئية التي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهربية. وتحدد درجة الحرارة المطلوبة نوع المنظومة الحرارية المناسبة للاستخدام. ففي التطبيقات التي تحتاج لدرجة حرارة منخفضة مثل تطبيقات تسخين المياه والهواء يمكن استخدام المجمعات المسطحة التي تستفيد من الإشعاع الشمسي الكلي. أما في التطبيقات التي تحتاج إلى درجات حرارة متوسطة أو عالية مثل توليد الكهرباء فتستخدم المركزات الشمسية وهي مرايا مقعرة تركز الإشعاع المباشر . ونجد أهمية كبيرة لمعرفة خصائص الإشعاع الشمسي والعوامل الأخرى المرتبطة به في الموقع المزمع إقامة منظومة لتحويل الطاقة الشمسية به وهي قيم الإشعاع الشمسي على مدار العام فلا تكفي المتوسطات السنوية لتصميم منظومة اقتصادية وذات كفاءة للطاقة الشمسية. ونظراً لتغير نمط الإشعاع الشمسي اليومي والشهري والفصلي من عام إلي أخر، فإن القياسات يجب أن تكون مستمرة للوصول إلى ما يسمى بالسنة المناخية النمطية لإستخدامها في تصميم منظومات الطاقة الشمسية.

٣-٢-١ أهمية الإشعاع الشمسي:

يستقبل كوكب الأرض ١٧٤ بيتا وات من الإشعاعات الشمسية القادمة إليه عند طبقة الغلاف الجوي العليا. وينعكس ما يقرب من ٣٠% من هذه الإشعاعات عائدة إلى الفضاء بينما تمتص النسبة الباقية بواسطة السحب والمحيطات والكتل الأرضية. وينتشر معظم طيف الضوء الشمسي الموجود على سطح الأرض عبر المدى المرئي وبالقرب من مدى الأشعة تحت الحمراء بالإضافة إلى انتشار جزء صغير منه بالقرب من مدى الأشعة فوق البنفسجية. وتمتص مسطحات اليابسة والمحيطات والغلاف الجوي الإشعاعات الشمسية، ويؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارتها فيرتفع الهواء الساخن الذي يحتوي على بخار الماء الصاعد من المحيطات مسببا دوران الهواء الجوي أو انتقال الحرارة بخاصية الحمل في اتجاه رأسي. وعندما يرتفع الهواء إلى قمم المرتفعات، حيث تنخفض درجة الحرارة، يتكثف بخار الماء في صورة سحب تمطر على سطح الأرض، ومن ثم تتم دورة الماء في الكون. وتزيد الحرارة الكامنة لعملية تكثف الماء من انتقال الحرارة بخاصية الحمل، مما يؤدي إلى حدوث بعض الظواهر الجوية، مثل الرياح والأعاصير والأعاصير المضادة. وتعمل أطياف ضوء الشمس التي تمتصها المحيطات وتحتفظ بها الكتل الأرضية على أن تصبح درجة حرارة سطح الأرض في المتوسط ١٤ درجة مئوية. ومن خلال عملية التمثيل الضوئي الذي تقوم به النباتات الخضراء، يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، مما يؤدي إلى إنتاج الطعام والأخشاب والكتل الحيوية التي يُستخرج منها الوقود الحفري.

٣-٢-٢ الطاقة الشمسية والتخطيط المدني والمعماري:

لقد أثر ضوء الشمس على تصميم المباني منذ بداية التاريخ المعماري. ولقد تم استخدام وسائل التخطيط المدني والمعماري المتطورة التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية لأول مرة بواسطة اليونانيين والصينيين الذين قاموا بإنشاء مبانيهم بحيث تكون لناحية الجنوب للحصول على الضوء والدفء . ومن الخصائص الشائعة للتخطيط المعماري الذي يعتمد على تقنية الطاقة الشمسية إنشاء المباني بحيث يمكن استغلال هذه الطاقة وعند توافر الخصائص المناسبة مع البيئة والمناخ المحلي يمكن تشييد مباني جيدة الإضاءة ذات مدى متوسط من درجات الحرارة. ويعتبر منزل الفيلسوف اليوناني سقراط الذي يسمى ميجارون مثالاً نموذجيًا للتصميمات المعمارية التي تعتمد على تقنيات الطاقة الشمسية. وتستخدم التطبيقات الحديثة الخاصة بالتصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية بتصميمات يتم تنفيذها على الكمبيوتر بحيث تجمع بين نظم تكييف الهواء بالطاقة الشمسية والتسخين بالطاقة الشمسية التدفئة والإضاءة التي تعتمد على ضوء النهار أو الإضاءة الشمسية في تصميم معماري لاستغلال الطاقة الشمسية وبشكل متكامل. ومن الممكن أن تعوض المعدات التي تعتمد على الطاقة الشمسية مثل المضخات والمراوح والنوافذ المتحركة والتصميمات وتحسن من أداء النظام.

والمناطق الحرارية الحضرية هي مناطق يعيش فيها الإنسان وتكون درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة البيئة المحيطة بها. وتعزى درجات الحرارة المرتفعة في هذه المناطق إلى الامتصاص المتزايد لضوء الشمس بواسطة المكونات التي تميز هذه المناطق مثل الخرسانة والأسفلت والتي تكون ذات قدرة أقل على عكس الضوء وسعة حرارية أعلى من تلك الموجودة في البيئة الطبيعية. ومن الطرق المباشرة لمعادلة تأثير الجزر الحرارية طلاء المباني والطرق باللون الأبيض وزراعة النباتات. **وشكل (٣-٥)** يعرض صورة تخطيط عمراني مع استخدام الطاقة الشمسية.



شكل (٣-٥) التخطيط العمراني مع استخدام الطاقة الشمسية

٣-٢-٣ الطاقة الشمسية وزراعة النباتات والبساتين:

يسعى المعنيون بتنمية الزراعة وتطويرها إلى زيادة قدر الاستفادة من الطاقة الشمسية بهدف زيادة معدل إنتاجية النباتات المزروعة. فبعض التقنيات التي تنظم مواسم الزراعة حسب أوقات العام تقوم بتعديل اتجاه صفوف النباتات المزروعة وتنظم الارتفاعات بين الصفوف وتخلط أصناف نباتية مختلفة مما يعمل على تحسين إنتاجية المحصول. وضوء الشمس مصدرًا وفيرًا من مصادر الطاقة وكذلك له أهمية رئيسية بالنسبة للزراعة. ففي المواسم التي كانت فيها المحاصيل تنمو قصيرة خلال الفترة الجليدية زرع الفلاحون الإنجليز والفرنسيون مجموعات من أشجار فاكهة طويلة لزيادة كمية الطاقة الشمسية التي يتم تجميعها إلى الحد الأقصى. وتعمل هذه الأشجار ككتل حرارية، كما أنها تزيد من معدل نضج الفاكهة عن طريق الاحتفاظ بالفاكهة في وسط دافئ. وقديمًا كان يتم زراعة هذه الأشجار عمودية على الأرض وفي مواجهة الجنوب ولكن بمرور الوقت تم وضعها مائلة لاستغلال ضوء الشمس على وجه أفضل. وفي عام ١٦٩٩ اقترح «نيكولاس فاشيو دي دويلبير» استخدام أحد الآلات التي من الممكن أن تدور على محور بحيث تتبع أشعة الشمس. وإضافة لزراعة المحاصيل تشمل تطبيقات الطاقة الشمسية في مجال الزراعة استخدامها في إدارة ماكينات ضخ الماء وتجفيف المحاصيل وتفريخ الدجاج وتجفيف السماد العضوي للدجاج الذي يستخدم للنباتات. وفي العصر الحديث تم استخدام الطاقة المتولدة بواسطة الألواح الشمسية في عمل عصائر الفاكهة . وتقوم الصوب الزجاجية بتحويل ضوء الشمس إلى حرارة، مما يؤدي إلى إمكانية زراعة جميع المحاصيل على مدار العام، حيث هناك أنواع من المحاصيل والنباتات لا يمكن لها أن تنمو في المناخ المحلي. وقد تم استخدام الصوب الزجاجية لأول مرة في العصر الروماني لزراعة الخيار حتى يمكن توفيره على مدار العام بأكمله للإمبراطور الروماني «تيبريوس»

.ولقد تم بناء أول صوبة زجاجية حديثة لأول مرة في أوروبا في القرن السادس عشر من أجل الاحتفاظ بالنباتات الغريبة التي كان يتم جلبها من خارج البلاد بعد فحصها. ومن الجدير بالذكر أن الصوب الزجاجية ظلت تعتبر جزءًا مهمًا من زراعة البساتين حتي وقتنا الحالي، وقد تم استخدام المواد البلاستيكية الشفافة أيضًا في الأنفاق المتشعبة وأغطية صفوف النباتات المزروعة لنفس الهدف.

وشكل (٣-٦) يعرض الزراعة في البيوت الشمسية وشكل (٣-٧) يوضح طريقة الري بالطاقة الشمسية.



شكل (٣-٦) الزراعة في البيوت الشمسية (البيوت الخضراء)



شكل (٣-٧) الري بالطاقة الشمسية

٣-٢-٤ الإضاءة بالطاقة الشمسية:

الشمس هي مصدر الضوء الطبيعي الرئيسي الأكثر استخدامًا على مر العصور. وقد عرف الرومانيون حقهم في الاستفادة من الضوء منذ القرن السادس الميلادي. وفي القرن العشرين أصبحت الإضاءة باستخدام الوسائل الصناعية المصدر الرئيسي للإضاءة الداخلية، ولكن ظلت التقنيات التي تعتمد على استغلال ضوء النهار ومحطات الإضاءة الهجينة التي تعتمد على ضوء الشمس وغيره من طرق تقليل معدل استهلاك الطاقة .

وتقوم نظم الإضاءة التي تعتمد على ضوء النهار بتجميع وتوزيع ضوء الشمس لتوفير الإضاءة الداخلية. هذا وتقوم وسائل التكنولوجيا التي تعتمد على الطاقة الشمسية بصورة مباشرة بتعويض استخدام الطاقة عن طريق استخدام الإضاءة الصناعية بدلاً منها، كما تقوم بتعويض بصورة غير مباشرة استخدام الطاقة غير الشمسية عن طريق تقليل الحاجة إلى تكييف الهواء. واستخدام الإضاءة الطبيعة له أيضًا فوائد عضوية ونفسية بالمقارنة مع الإضاءة الصناعية. وتشتمل تصميمات الإضاءة التي تعتمد على ضوء النهار على اختيار دقيق لأنواع النوافذ وحجمها واتجاهها، كما قد يتم الأخذ في الاعتبار وسائل التظليل الخارجي. وتتضمن التطبيقات الفردية من هذا النوع من الإضاءة الطبيعة وجود أسقف مسننة ونوافذ علوية للإضاءة وتثبيت أرفف على النوافذ لتوزيع الإضاءة وفتحات إضاءة في أعلى السقف وأنابيب ضوئية. ويمكن تضمين هذه التطبيقات في تصاميم موجودة بالفعل، ولكنها تكون أكثر فاعلية عندما يتم دمجها في تصميم شامل يعتمد على الطاقة الشمسية بحيث يهتم ببعض العوامل مثل سطوع الضوء وتدفق الحرارة والاستغلال الجيد للوقت. وعندما يتم تنفيذ هذه التطبيقات بصورة سليمة، فمن الممكن أن يتم تقليل حجم الطاقة اللازمة للإضاءة بنسبة ٢٥%.

وتعتبر نظم الإضاءة الشمسية الهجينة من سبل استغلال الطاقة الشمسية الإيجابية في الإضاءة الداخلية. وتقوم هذه النظم بتجميع ضوء الشمس باستخدام مرايا عاكسة متحركة تبعًا لحركة الشمس، كما تتضمن أليافًا ضوئية لنقل الضوء إلى داخل المبنى لزيادة الإضاءة العادية. وفي التطبيقات التي يتم الاستعانة بها في المباني ذات الطابق الواحد، تكون هذه النظم قادرة على نقل ٥٠% من ضوء الشمس المباشر الذي يتم استقباله. وتعتبر الإضاءة المستمدة من الشمس التي يتم اختزانها في أثناء النهار واستخدامها للإضاءة في الليل من الأشياء المألوفة رؤيتها على طول الطرق وممرات المشاة في الدول المتقدمة.

وشكل (٣-٨) يوضح إضاءة الطرق بالطاقة الشمسية أما شكل (٣-٩) يبين إضاءة الحدائق بالطاقة الشمسية.



شكل (٣-٨) إضاءة الطرق بالطاقة الشمسية



شكل (٣-٩) إضاءة الحدائق بالطاقة الشمسية

٣-٢-٥ تسخين الماء بالطاقة الشمسية:

تستخدم نظم التسخين التي تعمل بالطاقة الشمسية ضوء الشمس في تسخين الماء. ففي المنخفضات الجغرافية التي تقع تحت ٤٠ درجة مئوية. يمكن أن يتم توفير ما يتراوح من ٦٠ إلى ٧٠% من الماء الساخن المستخدم في المنازل بدرجات حرارة ترتفع إلى ٦٠ درجة مئوية بواسطة نظم التسخين التي تعمل بالطاقة الشمسية. ويعتبر من أكثر أنواع سخانات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية الأنابيب المفرغة ٤٤% والألواح المستوية المصقولة ٣٤% التي تستخدم بصفة عامة لتسخين الماء في المنازل، وكذلك الألواح البلاستيكية غير المصقولة ٢١% التي تستخدم بصفة رئيسية في تدفئة مياه حمامات السباحة.

٣-٢-٦ التدفئة والتبريد والتهوية:

في الولايات المتحدة الأمريكية، تحتل نظم التدفئة والتبريد والتكييف نسبة ٣٠% من الطاقة المستخدمة في أماكن العمل. ويمكن استخدام تقنيات نظم التدفئة والتبريد والتهوية التي تعتمد على الطاقة الشمسية لتعويض قدر من هذه الطاقة .

ويُقصد بالكتلة الحرارية أية مادة يمكن استخدامها لتخزين الحرارة المنبعثة من الشمس. وتشتمل هذه المواد على الحجارة والأسمنت والماء. ومن الناحية التاريخية، لقد تم استخدام هذه المواد في المناطق ذات المناخ الجاف أو المناخ المعتدل الدافئ للاحتفاظ ببرودة المباني في فترات النهار عن طريق امتصاص الطاقة الشمسية في أثناء النهار وإطلاق الحرارة المخزنة في الأجواء الباردة في فترات الليل. وعلى أية حال، يمكن استخدام هذه المواد أيضًا في المناطق الباردة بشكل متوسط للاحتفاظ بالدفء فيها. ويتوقف حجم ومكان الخامات المستخدمة في تخزين حرارة الشمس على عدة عوامل، مثل الظروف المناخية والإضاءة في فترات النهار والظل.

وعندما يتم تضمين هذه المواد في التصميمات، تعمل الكتلة الحرارية على الحفاظ على درجة حرارة المكان في مدى مناسب وتقلل من الحاجة إلى وسائل إضافية للتدفئة أو التبريد. وتعتبر المدخنة التي تعمل بالطاقة الشمسية أو المدخنة الحرارية، في هذا السياق إحدى نظم التهوية التي تعمل بالطاقة الشمسية والتي تتألف من عمود رأسي متصل بداخل المبنى وخارجه. فعندما ترتفع درجة حرارة المدخنة، فإن الهواء الموجود داخل المبنى يتم تسخينه لذلك ينتج عنه تيار هواء صاعد يرتفع لأعلى ويحل محله هواء بارد.

ويمكن أن يتم تحسين نتائج المدخنة عن طريق استخدام مواد ذات كتلة حرارية وأسطح مصقولة بطريقة تحاكي طريقة عمل الصوب الزجاجية. ويتم استخدام النباتات والأشجار كوسيلة للتحكم في نظم التدفئة والتبريد التي تعمل بالطاقة الشمسية. فعند زراعة هذه النباتات تقوم أوراقها بتوفير الظل للمكان في أثناء فصل الصيف، بينما تسمح الأغصان غير المورقة لضوء الشمس بالدخول إلى المبني في أثناء فصل الشتاء. ونظرًا لأن الأشجار غير المورقة تقوم بحجب من ثلث إلى نصف الإشعاعات الشمسية الساقطة، فهناك توازن بين فوائد الظل في فصل الصيف والاحتياج إلى التدفئة في فصل الشتاء. وعموما زراعة مثل هذه الأشجار على الناحيتين الشرقية والغربية من المبنى توفر قدر من الظل في فصل الصيف دون التأثير بشكل ملحوظ على الطاقة الشمسية التي يتم الحصول عليها في فصل الشتاء.

٣-٢-٧ معالجة الماء بالطاقة الشمسية:

يُستخدم التقطير الشمسي لجعل الماء المالح والماء متوسط الملوحة صالحًا للشرب. وأول من استخدم هذا الأسلوب علماء الكيمياء العرب في القرن السادس عشر. هذا وقد تم تأسيس أول مشروع تقطير شمسي ضخم في عام ١٨٧٢ في مدينة لاس ساليناس التشيلية المتخصصة في التعدين. واستطاع المصنع، الذي تبلغ مساحة منطقة تجميع الطاقة الشمسية الموجودة به ٤٧٠٠ متر مربع، إنتاج ما يصل إلى ٢٢,٧٠٠ لتر من الماء النقي يوميًا لمدة ٤٠ عامًا. ومن أنواع التصميمات الفردية لأجهزة التقطير الشمسي الأجهزة ذات السطح المنحدر المفرد والمزدوج (التي تشبه الصوبة الزجاجية) والأجهزة الرأسية والمخروطية وذات الألواح الماصة العكسية ومتعددة التأثير. ومن الممكن أن تعمل هذه الأجهزة في وضع نشط أو غير نشط أو مختلط. وتُعد أجهزة التقطير ذات السطح المنحدر المزدوج الأقل تكلفة ويمكن استخدامها في الأغراض المنزلية، بينما تُستخدم الأجهزة متعددة التأثير في التطبيقات واسعة النطاق. وتعتمد عملية تطهير الماء باستخدام الطاقة الشمسية على تعريض زجاجات مملوءة بالماء الجاري الذي يتعرض لضوء الشمس لعدة ساعات. وتختلف مدة التعريض للشمس حسب حالة الجو، وتتراوح من ٦ ساعات كحد أدنى إلى يومين في أسوأ الظروف الجوية. وتنصح منظمة الصحة العالمية بالقيام بعملية تطهير الماء باستخدام الطاقة الشمسية كأسلوب بسيط لمعالجة الماء في المنازل والتخزين الآمن لها. ومن الجدير بالذكر أن أكثر من مليوني شخص في البلاد النامية يستخدمون عملية تطهير الماء باستخدام الطاقة الشمسية لمعالجة ماء الشرب العادية المستخدمة يوميًا.

ويمكن استخدام الطاقة الشمسية مع برك الماء الراكد لمعالجة ماء الصرف دون استخدام مواد كيميائية أو الكهرباء. ومن المميزات البيئية الأخرى لهذا الأسلوب أن الطحالب تنمو في مثل هذه البرك وتستهلك ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي. علاوة على ذلك، يتم استخدام الطاقة الشمسية أيضًا في إزالة السموم من الماء الملوث بواسطة التحلل الضوئي. وشكل (٣-١٠) يعرض وحدة معالجة مياه بالطاقة الشمسية.



شكل (٣-١٠) وحدة معالجة مياه بالطاقة الشمسية

٣-٢-٨ الطهو بالطاقة الشمسية:

الطباخ الشمسي عبارة عن جهاز يستخدم ضوء الشمس في الطهو أو التجفيف أو البسترة. وتنقسم أنواعه إلى ثلاث فئات صناديق تحبس الحرارة ومواقد مكثفات منحنية ومواقد مسطحة على شكل ألواح. وأبسط الأنواع هو الصناديق الحابسة للحرارة. وتتكون صناديق الطهو الحابسة للحرارة بشكل أساسي من وعاء معزول وغطاء شفاف. ويمكن استخدامه بشكل فعال في الظروف الجوية السيئة حيث ترتفع درجة حرارته بشكل كبير لتصل إلى ما يتراوح بين ٩٠ و١٥٠ درجة مئوية. أما بالنسبة لمواقد الطهو المسطحة الشمسية على شكل ألواح، فإنها تتكون من لوح عاكس لتوجيه أشعة الشمس إلى الوعاء المعزول، وينتج عنها درجة حرارة مرتفعة تصل إلى درجات مشابهة لتلك التي تصل إليها صناديق الطهو الحابسة للحرارة. أما مواقد المكثفات المنحنية الشمسية فتحتوي على الطبق والوعاء والمرايا التي تعمل على تجميع أشعة الشمس وتركيزها على وعاء الطهو. وينتج عن هذا النوع من المواقد درجة حرارة مرتفعة تصل إلى ٣١٥ درجة مئوية وأكثر، ولكنها تحتاج إلى ضوء مباشر لكي تعمل بشكل سليم ويجب أن يتم تغيير وضعها بحيث تكون مواجهة للشمس. أما بالنسبة للوعاء المجمع للطاقة الشمسية، فهو عبارة عن وسيلة لتركيز أشعة الشمس تم استخدامها في المطبخ الشمسي في أوروفيل في الهند، حيث تم استخدام عاكس كروي الشكل ثابت يركز الضوء على طول خط عمودي على السطح الداخلي للكرة. **وشكل (٣-١١)** يعرض جهاز طبخ صغير يعمل بالطاقة الشمسية



شكل (٣-١١) جهاز طبخ بالطاقة الشمسية

٣-٢-٩ المتطلبات الحرارية من الطاقة الشمسية:

وسائل تركيز الطاقة الشمسية مثل وحدة التجميع الشمسي على شكل قطع مكافئ من الممكن أن توفر معالجة حرارية للأغراض الصناعية والتجارية. وقد كان أول نظام تجاري هو مشروع الطاقة الشمسية المتكاملة في شيناندو في ولاية جورجيا في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تم استخدام ١١٤ وحدة تجميع شمسي على شكل قطع مكافئ، واستطاعوا توفير ٥٠% من متطلبات عملية المعالجة الحرارية والمتطلبات الكهربائية ومتطلبات تكييف الهواء لأحد مصانع الملابس. وقد وفر جهاز استهلاك الطاقة لإنتاج الحرارة أو الكهرباء والمتصل بالشبكة ٤٠٠ كيلو وات من الكهرباء بالإضافة إلى طاقة حرارية في صورة بخار قدره ٤٠١ كيلو وات ومياه مبردة. وكما كانت له القدرة على تخزين الحرارة لمدة ساعة واحدة كحد أقصى .

ومن ناحية أخرى، فإن برك التبخير عبارة عن برك ضحلة تعمل على تركيز المواد الصلبة المذابة خلال عملية التبخر وتستخدم هذه البرك للحصول على الملح من ماء البحر، ويُعد ذلك من أقدم الاستخدامات للطاقة الشمسية.

أما الاستخدامات الحديثة لها، فتتمثل في زيادة تركيز المحاليل الملحية المستخدمة في عملية التعدين بالترشيح وإزالة المواد الصلبة المذابة من الأبخرة. وتعمل أحبال الغسيل والمناشر المتنقلة والحوامل على تجفيف الملابس من خلال التبخير بواسطة الرياح وضوء الشمس دون استهلاك الكهرباء أو الغاز الحيوي. وفي عدد من الولايات الأمريكية، هناك بعض القوانين التي تحمي حق تجفيف الملابس. وحوائط التجميع بالارتشاح غير المصقولة عبارة عن حوائط مثقبة تواجه الشمس وتُستخدم في تسخين الهواء المستخدم في التهوية مسبقاً. ومن الممكن أن ترفع هذه الحوائط من درجة حرارة الهواء الداخل إلى ٢٢ درجة مئوية بينما ترفع درجة حرارة الهواء الخارج إلى ما يتراوح بين ٤٥ و٦٠ درجة مئوية.

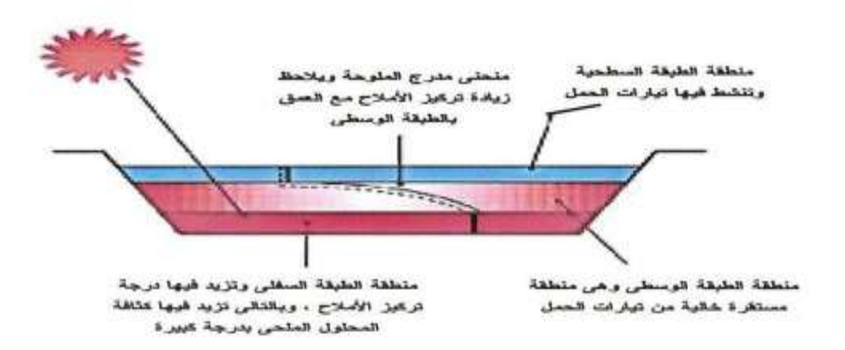
وتطويع الطاقة الشمسية الحرارية هي تقنيات تعمل على استخدام الطاقة الحرارية من الشمس مباشرة لتسخين ناقل أو حامل الحرارة والتي تكون في معظم الأحيان مياه. والماء الساخن الناتج يمكن أن يستخدم للأغراض المنزلية والصناعية، ولا توجد انبعاثات تقريباً لأكاسيد الكربون لأنه لا يتم حرق وقود لتسخين المياه.

٣-٢-١٠ توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية:

يمكن تحويل ضوء الشمس المباشر إلى كهرباء باستخدام المحولات كهروضوئية أو الخلايا الشمسية. وكذلك تستخدم عملية تركيز الطاقة الشمسية **(CSP)**للحصول على طاقة حرارية قادرة على تدوير توربينات ومولدات كهربية. وتستخدم المحولات أو الخلايا الكهروضوئية بشكل أساسي لإمداد الأجهزة الصغيرة والمتوسطة بالكهرباء، بدءًا من الآلة الحاسبة التي يتم تشغيلها بواسطة خلية شمسية واحدة إلى المنازل التي لا تحتوي على شبكة كهرباء والتي يتم إمدادها بالكهرباء بواسطة مجموعة من الخلايا الكهروضوئية.

٣-٢-١١ البرك الشمسية:

البركة الشمسية عبارة عن بركة من المياه المالحة وغالبًا ما يتراوح عمقها بين ١ و٢ متر تعمل على تجميع وتخزين الطاقة الشمسية. وكان أول من طرح فكرة البرك الشمسية الدكتور «رودولف بلوك» في عام ١٩٤٨ بعد أن قرأ تقارير حول بحيرة في المجر ترتفع فيها درجة الحرارة كلما اتجهنا إلى الأعماق. وقد نتج ذلك عن الأملاح الموجودة في ماء البحيرة، والتي أدت إلى زيادة الكثافة ومنع تيارات الحمل الحراري. وتم عمل نموذج أولي في عام ١٩٥٨ على شاطئ البحر الميت بالقرب من مدينة القدس. كانت هذه البركة تتكون من طبقات من المياه تتدرج درجة ملوحتها من محلول ملحي ضعيف في الأعلى إلى محلول ملحي قوي في الأسفل. وكانت هذه البركة الشمسية تتسم بإمكانية رفع درجة حرارة طبقاتها السفلية إلى ٩٠ درجة مئوية كما تتمتع بالقدرة على توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية. وتقوم الأجهزة الكهربائية الحرارية أو الكهروضوئية بتحويل الفرق في درجة الحرارة بين المواد المختلفة إلى تيار كهربي. وفي القرن التاسع عشر قد تم استخدام هذا الأسلوب لتخزين الطاقة الشمسية بواسطة أحد رواد هذه الصناعة «موتشوت». **وشكل (٣-١٢)** لمخطط للبركة الشمسية.



شكل (٣-١٢) مخطط للبركة الشمسية

٣-٢-١٢ التفاعلات الكيميائية الشمسية:

تستخدم الطاقة الشمسية لإنتاج تفاعلات كيميائية. وتعتبر هذه التفاعلات الكيميائية مصدرًا بديلاً للطاقة التي كان من الممكن أن تأتي من مصدر آخر، ومن الممكن أن تحول الطاقة الشمسية إلى وقود قابل للتخزين والنقل. ويمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية التي تدخل فيها الطاقة الشمسية إلى تفاعلات كيميائية حرارية وتفاعلات كيميائية ضوئية. تُعد تقنيات إنتاج الهيدروجين من أهم المجالات المتعلقة بالتفاعلات الكيميائية الشمسية منذ سبعينيات القرن العشرين. وبعيدًا عن التحليل الكهربي الناتج عن الخلايا الكهروضوئية أو الكيميائية الضوئية، تم اكتشاف العديد من التفاعلات الكيميائية الحرارية أيضًا. وإحدى هذه الطرق تتمثل في استخدام أجهزة التركيز في شطري الماء إلى أكسجين وهيدروجين في درجات حرارة عالية جدًا تتراوح من ٢٣٠٠ إلى ٢٦٠٠ درجة مئوية. وكما أن هناك أسلوب آخر يستخدم الحرارة الناتجة عن أجهزة تركيز الطاقة الشمسية لإعادة تشكيل الأبخرة الناتجة عن الغاز الطبيعي، مما يزيد من النسبة الكلية للهيدروجين مقارنة بأساليب إعادة التشكيل العادية.

وبالنسبة للدورات الكيميائية الحرارية التي تتسم بتفكيك وإعادة تكوين المواد المتفاعلة الداخلة في التفاعل، فإنها تُعتبر وسيلة أخرى لإنتاج الهيدروجين. وعملية تحليل أكسيد الزنك باستخدام الطاقة الشمسية والتي تحت التطوير في معهد وايزمان للبحث العلمي تستخدم فرن شمسي قدرته ١ ميجاوات لتحليل وتفكيك أكسيد الزنك في درجات حرارة أعلى من ١٢٠٠ درجة مئوية. ويعمل هذا التفاعل الأولي على إنتاج زنك نقي، والذي يمكنه أن يتفاعل بعد ذلك مع الماء لإنتاج الهيدروجين .تتمثل تقنية معامل «ساندياء» في مشروع «صن شاين للبترول» في استخدام درجات الحرارة العالية الناتجة عن تركيز أشعة الشمس مع مادة حفازة مثل مركبات الزركونيوم أو مركب الفيرايت لتحليل ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو إلى أكسجين وأول أكسيد الكربون. بعد ذلك، يمكن استخدام أول أكسيد الكربون لتكوين الوقود العادي، مثل الميثانول والجازولين ووقود الطائرات. والجهاز الكهربي الضوئي عبارة عن بطارية يعمل المحلول الموجود بها أو ما يحل مكانه كوسط كيميائي غني بالطاقة عند إضاءة البطارية. وهذه المركبات الوسيطة الغنية بالطاقة يمكن أن يتم تخزينها لكي تتفاعل بعد ذلك مع أقطاب الخلية لإنتاج جهد كهربي. وتُعتبر الخلية الكيميائية المكونة من ثيونين الفيرايت مثالاً على هذه التقنية .تتكون الخلايا الكيميائية الكهربية الضوئية من شبه موصل، وغالبًا ما يكون ثاني أكسيد التيتانيوم أو أحد مركباته مغمورا في محلول إليكتروليتي. وعندما يسري تيار كهربي ينشأ عن فرق جهد كهربي فيضيء شبه الموصل. وهناك نوعان من الخلايا الكهربية أوالكيميائية الضوئية. ويتمثل النوع الأول في الخلايا الكهربية الضوئية التي تحول الضوء إلى كهرباء، بينما يتمثل النوع الثاني في الخلايا الكيميائية الضوئية التي تستخدم الضوء في إنتاج تفاعلات كيميائية مثل التحليل الكهربي.

٣-٢-١٣ الطاقة الشمسية في المركبات والأقمار الصناعية:

السيارة الشمسية عبارة عن مركبة مزودة بألواح شمسية على سطحها تقوم باستقبال أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة كهربية. وتمر هذه الطاقة خلال دوائر تحكم وتنظيم للتيار الكهربي بما يناسب المحرك أو المحركات التي تدير عجلات هذه العربة، مع الاهتمام أثناء تصميم مثل هذه العربة بمراعاة عدة أمور منها خفة الوزن والمتانة والاعتمادية في اختيار المواد المكونة لمثل هذه العربة. وهذه العربة تعتمد على الشمس فقط في إدارة محركها لذلك تسمي السيارة الشمسية. ولقد كان اختراع سيارة تعمل بالطاقة الشمسية من أهم الأهداف في مجال الهندسة منذ ثمانينيات القرن العشرين. وهناك بعض السيارات العادية التي تحمل معها ألواح الطاقة الشمسية للحصول على المزيد من الطاقة، لتستخدمها على سبيل المثال للتكييف الهوائي داخلها مما يقلل من استهلاك الوقود .

وتم إنشاء أول قارب يعمل بالطاقة الشمسية في إنجلترا في عام ١٩٧٥. وفي عام ١٩٩٥، بدأت قوارب المسافرين التي تحتوي على الألواح الكهروضوئية في الظهور، والتي تُستخدم الآن بشكل واسع.

وفي عام ١٩٧٤، تعتبر «صن رايز ٢»، وهي طائرة غير مزودة بطاقم عمل بشري، أول طائرة بالطاقة الشمسية تقوم برحلة طيران. وفي التاسع والعشرين من أبريل عام ١٩٧٩، تعتبر « سولار رايزر» أول طائرة تقوم بأول رحلة باستخدام الطاقة الشمسية، مع التحكم فيها بشكل كامل ووجود طاقم عمل كامل ووصلت إلى ارتفاع ١٢ م. وفي عام ١٩٨٠، كانت طائرة «جوسمار ألباتروس» التي تعمل بالطاقة الشمسية« أول طائرة تقوم برحلات سابقة من نوعها بواسطة طيار باستخدام الطاقة الكهروضوئية. وجاءت كثير من التطورات مما أدى إلى ظهور مرة أخرى طائرات غير مزودة بطاقم عمل بشري وتعمل بالطاقة الشمسية حيث تتمثل أول عودة لهذه الطائرات في طائرة باث فايندر التابعة لوكالة ناسا للفضاء عام ١٩٩٧

ثم توالى بعد ذلك العديد من التصميمات الأخرى، وأهمها طائرة هليوس التي سجلت رقمًا قياسيًا في الارتفاع في الجو بالنسبة لطائرة لا تدفعها الصواريخ، حيث وصل ارتفاعها إلى ١٠ كم في عام ٢٠٠١. وتُعد الطائرة «زيفاير» آخر الطائرات التي تعمل بالطاقة الشمسية والتي سجلت أرقامًا قياسية، ولقد قامت بتطويرها شركة «بي إيه إي» حيث طارت لمدة ٥٤ ساعة في الجو في عام ٢٠٠٧.

وبالنسبة للمنطاد الشمسي، فهو عبارة عن منطاد أسود مملوء بهواء عادي وعندما تشرق أشعة الشمس على المنطاد، يسخن الهواء الموجود داخله ويتمدد مما يؤدي إلى وجود قوة دافعة لأعلى، مثل المنطاد المملوء بالهواء الذي يتم تسخينه صناعيًا. وبعض المناطيد الشمسية تكون كبيرة بدرجة كافية تسمح بحمل الإنسان. وأما سفن الفضاء التي تعمل بالطاقة الشمسية والتي يتم دفعها باستخدام مرأيا رقيقة للاستفادة من الطاقة الناتجة عن الشمس. وعلى العكس من الصواريخ، فإن السفن الفضائية التي تعمل بالطاقة الشمسية لا تحتاج إمدادها بالوقود. وعلى الرغم من أن قوة الدفع لأعلى ضعيفة بالمقارنة بتلك التي تخص الصواريخ، فإن السفينة تستمر في الصعود طوال فترة إشراق الشمس عليها ويمكن أن تحقق سرعات عالية في الفضاء .تجدر الإشارة إلى أن المناطيد المزودة بمحرك والتي تصل لارتفاعات عالية عبارة عن طائرة غير مزودة بطاقم عمل بشري وتستمر في الطيران لمدة طويلة كما أن وزنها أخف من وزن الهواء وتستخدم غاز الهليوم لرفعها وخلايا شمسية ذات طبقة رقيقة لإمدادها بالطاقة .

وتعتمد الأقمار الصناعية التي ترسل في مدارات حول الأرض علي الطاقة الشمسية وكذلك المسبارات التي ترسل إلى كواكب المجموعة الشمسية القريبة تعتمد علي ألواح ضوئية جهدية لإمدادها بالكهرباء عن طريق الأشعة الشمسية. أما بالنسبة للمسبارات التي ترسل إلى الكواكب البعيدة فيضعف الإشعاع الشمسي بحيث يتعذر الحصول على الطاقة الكهربية المطلوبة، ولهذا تستخدم مولدات حرارية تعمل بالنظائر المشعة في تلك المناطق البعيدة عن الشمس. وشكل (٣-١٣) يعرض سيارة تعمل بالطاقة الشمسية أما شكل (٣-١٤) نموذج لقمر صناعي.



شكل (٣-١٣) سيارة تعمل بالطاقة الشمسية



شكل (٣-١٤) نموذج لقمر صناعي

٣-٢-١٤ أساليب تخزين الطاقة الشمسية:

بالطبع، لا يمكن الحصول على الطاقة الشمسية خلال الليل. ومن ثم، يُعد تخزين الطاقة أمرًا ضروريًا لأن أنظمة الطاقة الحديثة تحتاج إلى مصدر طاقة متاح طوال الوقت .

وإن نظم الكتل الحرارية تستطيع تخزين الطاقة الشمسية في صورة حرارة في درجات حرارة مفيدة للأغراض المنزلية سواءً بشكل يومي أو على مدار الموسم. وتستخدم أجهزة تخزين الحرارة بشكل عام المواد المتاحة بالفعل ذات سعة حرارية نوعية عالية، مثل الماء والتراب والأحجار. وتستطيع الأجهزة جيدة الصنع أن تقلل توقعات الطلب القصوى من الطاقة وتحول مدة الاستخدام إلى الاستخدام في غير ساعات الذروة وتقلل من متطلبات التسخين والتبريد الكلية. تُعد المواد متغيرة الطور مثل شمع البرافين وملح جلوبر ومحلول مولتن من مصادر تخزين الطاقة الحرارية أيضًا. وهذه المواد تكون غير مكلفة وجاهزة للاستخدام ويمكنها الوصول إلى درجات حرارة مفيدة للأغراض المنزلية. فيمكن تخزين الطاقة الشمسية بدرجات حرارة عالية جدًا باستخدام الأملاح المذابة. وتعد الأملاح وسيلة فعالة للتخزين لأنها منخفضة التكلفة ولها سعة حرارية نوعية عالية ويمكن أن تجعل درجة الحرارة تصل إلى درجات مناسبة لتلك الخاصة بأجهزة تخزين الطاقة العادية. والطاقة الكهرومائية التي يتم تخزينها عن طريق الضخ تعمل على تخزين الطاقة في صورة ماء يتم ضخه عندما يكون هناك مصدر للطاقة من خزان قليل الارتفاع إلى خزان مرتفع. ويتم استعادة الطاقة عندما تكون هناك حاجة إلى مزيد من الطاقة عن طريق تحرير الماء لتجري خلال مولد طاقة كهربي مائي.

٣-٢-١٥ التطوير والتوزيع والاقتصاد:

بدءًا بالاستخدام المتزايد للفحم الذي تزامن مع الثورة الصناعية، تحول استهلاك الطاقة بشكل ثابت من الخشب والكتل الحيوية إلى الوقود الأحفوري. ونتج التطور المبكر لتقنيات استخدام الطاقة الشمسية، والذي بدأ في ستينيات القرن التاسع عشر، عن توقع احتمالية ندرة الفحم في وقت قريب. ومع ذلك، فقد أصبح تطور تقنيات استخدام الطاقة الشمسية أبطأ في بدايات القرن العشرين نظرًا لازدياد استخدام الفحم والبترول ولوفرته ورخص ثمنه. كما أدى حظر استخدام النفط في عام ١٩٧٣ وأزمة الطاقة التي حدثت في عام ١٩٧٩ إلى إعادة تنظيم سياسات استهلاك الطاقة حول العالم وإعادة الاهتمام مجددًا بتطوير تقنيات استخدام الطاقة الشمسية.

وقد ركزت استراتيجيات توزيع الطاقة على البرامج المحفزة مثل برنامج «استخدام الطاقة الكهروضوئية » في الولايات المتحدة الأمريكية وبرنامج «صن شاين» في اليابان. كذلك، ومن مظاهر الجهود التي بذلت أيضًا إنشاء أماكن ومعامل للبحث العلمي في الولايات المتحدة الأمريكية والمعروفة حاليًا بالمعامل القومية لمصادر الطاقة المتجددة وفي اليابان منظمة تطوير تكنولوجيا الصناعة والطاقة الجديدة وفي ألمانيا؛ جمعية فراونهوفر للطاقة .

وبدأت سخانات الماء التجارية التي تعمل بالطاقة الشمسية بالظهور في الولايات المتحدة الأمريكية في تسعينيات القرن التاسع عشر. وشهدت الأجهزة استخدامًا متزايدًا حتى عشرينات القرن العشرين، ولكن تم استبدالها بالتدريج بوقود تسخين أرخص ثمنًا وأكثر فاعلية. وكما هو الحال بالنسبة للأجهزة التي تعمل بالطاقة الفولتوضوئية، فإن سخانات الماء التي تعمل بالطاقة الشمسية جذبت الانتباه مجددًا إليها نتيجةً لأزمة النفط في سبعينيات القرن العشرين، ولكن تقلص حجم هذا الاهتمام في ثمانينيات القرن العشرين بسبب هبوط أسعار البترول. واستمر تطور أجهزة تسخين الماء التي تعمل بالطاقة الشمسية بشكل مطرد على مدار التسعينيات وأصبح متوسط معدل النمو ٢٠% في السنة منذ ١٩٩٩,

٣-٢-١٦ الطاقة الشمسية الحرارية:

يتم استغلال الطاقة الشمسية الحرارية باستخدام مجمع الطاقة الشمسية الحرارية وهو مجمع يتم تصميمه لتجميع الحرارة عن طريق امتصاص أشعة الشمس. والمجمع هو جهاز يهدف لتحويل الطاقة الحرارية الموجودة في أشعة الشمس أو الإشعاع الشمسي إلى صورة أكثر قابلية للاستخدام والتخزين. وهذه الطاقة تكون على هيئة أشعة كهرومغناطيسية تتراوح أطوالها الموجية بين الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة الفوق بنفسجية. وتصل كمية الطاقة الشمسية التي تضرب سطح الأرض إلى حوالي ١٠٠٠ وات لكل متر مربع تحت السماء الصافية وهذا يتوقف على الظروف الجوية والموقع واتجاه السطح .

وتعتبر الألواح الشمسية المستخدمة لتسخين المياه المعروفة بالسخانات الشمسية أحد الأشكال الشائعة لمجمعات الطاقة الشمسية الحرارية المستخدمة في المنازل، ولكن مصطلح «مجمع الطاقة الشمسية الحرارية» قد يشير أيضاً إلى تركيبات أكثر تعقيداً لتركيز وتجميع الطاقة الشمسية الحرارية مثل مركزات الطاقة الشمسية أو أحواض الطاقة الشمسية أو أبراج الطاقة الشمسية، أو يشير إلى تركيبات أقل تركيزاً للحرارة وأقل تعقيداً مثل التدفئة الشمسية للهواء وبرج الشمسي للتيار الهوائي الصاعد . كما تستخدم محطات الطاقة الشمسية عادة المجمعات الأكثر تعقيداً لتوليد الكهرباء عن طريق تسخين الماء لإنتاج البخار والذي يحرك توربين متصل بمولد كهربائي. وعادة ما تستخدم المجمعات الأقل تعقيداً في المباني السكنية والتجارية للتدفئة الإضافية للمباني **. وشكل (٣-١٥)** يوضح تسخين المياه بالطاقة الشمسية.



شكل (٣-١٥) تسخين المياه بالطاقة الشمسية

٣-٢-١٧ أنواع المجمعات الشمسية المستخدمة لتجميع الحرارة:

تقع المجمعات الشمسية في فئتين عامتين وهما المجمعات غير المركزة والمجمعات المركزة. وفي النوع غير المركز، تكون منطقة التجميع أي المنطقة التي تعترض الإشعاع الشمسي هي نفس منطقة الامتصاص أي المنطقة التي تمتص الإشعاع. وفي مثل هذه الأنواع، يمتص المجمع الطاقة الشمسية بأكملها. ومنها مجمعات الألواح المسطحة ومجمعات الأنابيب المفرغة لتجميع الحرارة لأغراض تدفئة المباني أو لتدفئة المياه المنزلية أو للتبريد باستخدام مبردات الامتصاص.

٣-٢-١٨مجمع التخزين المتكامل:

التخزين بالمجمع المتكامل هو وسيلة لتخزين الطاقة الحرارية داخل مجمع. وعلى الرغم من أن المجمع الحراري القياسي لديه بعض السعة التخزينية داخل الأنابيب الخاصة به، إلاّ أن مجمع التخزين المتكامل يعمل من خلال إمّا أنابيب كبيرة الحجم أو قنوات في صندوق مستطيل كبير من أجل زيادة السعة التخزينية للسائل داخل المجمع. وهذا يسمح لتوفر قدرة حرارية إضافية دون الحاجة إلى خزان معزول منفصل. و**شكل (٣-١٦)** يعرض مجمع التخزين المتكامل.



شكل (٣-١٦) مجمع التخزين المتكامل

٣-٢-١٩ مجمعات الألواح المسطحة :

مجمعات الألواح المسطحة، التي تم تطويرها بواسطة هوتيل وويلير عام ١٩٥٠، تعد النوع الأكثر شيوعاً. وهي تتكون من لوح مسطح داكن لامتصاص الطاقة الشمسية، وغطاء شفاف يسمح للطاقة الشمسية بالمرور ولكنه يقلل من فقدان الحرارة، وسائل لنقل الحرارة غالباً يكون الماء لامتصاص الحرارة من اللوح، وداعم أو غطاء لعزل الحرارة. ويتكون لوح الامتصاص من طبقة امتصاص رقيقة من بوليمرات ثابتة حرارياً، ألومنيوم، صلب أو نحاس، والتي يتم طلائها بطلاء أسود لامع أو انتقائي مدعومة في كثير من الأحيان بشبكة أو ملف من أنابيب بها سائل موضوعة في غلاف معزول من الزجاج أو غطاء من البولي كربونات. وفي ألواح تسخين المياه، عادة ما يتم تمرير السائل خلال أنابيب لنقل الحرارة من لوح الامتصاص إلى خزان مياه معزول. وقد يتحقق ذلك مباشرة أو عن طريق مبادل حراري. فمعظم الشركات المصنعة لمجمعات تسخين الهواء وبعض الشركات المصنعة لمجمعات تسخين المياه لديها لوح امتصاص مكون من لوحين من المعدن يمر بينهما السائل. ولأن منطقة التبادل الحراري أكبر، فإنها قد تكون أكثر كفاءة قليلاً من ألواح الامتصاص التقليدية .

وهنا يمر ضوء الشمس عبر الواجهات الزجاجية ويضرب لوح الامتصاص، والذي حينما يسخن يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية. ويتم نقل الحرارة إلى السائل الذي يمر خلال الأنابيب المتصلة بلوح الامتصاص. وعادة ما يتم طلاء ألواح الامتصاص «بطلاءات انتقائية»، والتي بدورها تمتص وتحتفظ بالحرارة بدرجة أفضل من الطلاء الأسود العادي. وعادة ما تصنع ألواح الامتصاص من معدن النحاس أو الألومنيوم لأن لتوصيلهما الجيد للحرارة. ويعتبر النحاس أكثر تكلفة ولكنه موصل أفضل وأقل عرضة للتآكل مقارنة بالألومنيوم

ومعظم مجمعات الألواح المسطحة لديها متوسط عمر متوقع أكثر من ٢٥ سنة . والإستخدام الرئيسي لهذه التقنية يكون في المباني السكنية حيث يكون الطلب على الماء الساخن له تأثير كبير على فواتير الطاقة. وهذا يعني بشكل عام الوضع في عائلة كبيرة، أو الحالة التي يكون فيها الطلب على الماء الساخن متزايدا أو مفرطا بسبب الغسيل المتكرر. وتشمل التطبيقات التجارية المغاسل، وغسيل السيارات، ومرافق غسيل الملابس العسكرية، ومؤسسات الأطعمة. ويمكن استخدام هذه التقنية أيضا لأغراض التدفئة إذا كان المبنى موجود خارج نطاق الشبكة أو إذا كانت طاقة الاستخدام معرضة للانقطاع المتكرر. ونظم تسخين المياه بالطاقة الشمسية من المرجح أن تكون فعالة من حيث التكلفة مقارنة بأنظمة تسخين المياه والتي تعد مكلفة التشغيل، أو مع عمليات مثل المغاسل أو المطابخ والتي تتطلب كميات كبيرة من الماء الساخن. ويشيع استخدام المجمعات السائلة الغير مطلية لتسخين المياه في حمامات السباحة. ولأن هذه المجمعات لا تحتاج تحمل درجات حرارة عالية، فإنها يمكن أن تستخدم مواد أقل تكلفة مثل البلاستيك أو المطاط. وشكل (٣-١٧) يعرض مجمع الألواح المسطحة.



شكل (٣-١٧) مجمع الألواح المسطحة

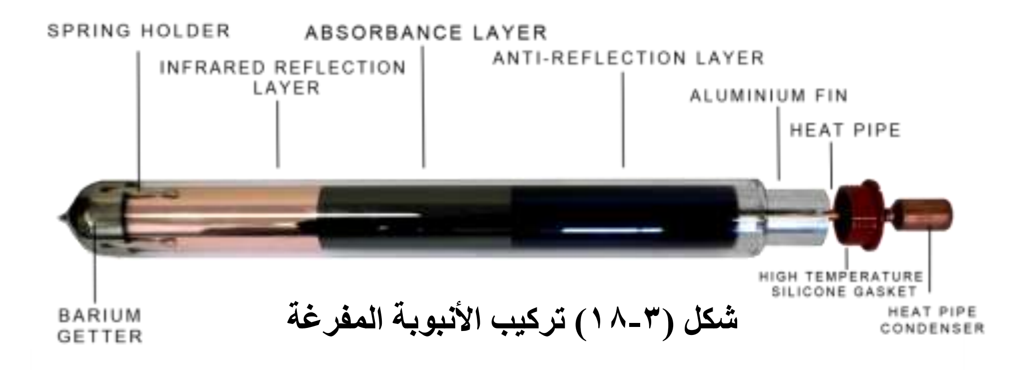
٣-٢-٢٠ مجمعات الأنابيب المفرغة:

معظم مجمعات الأنابيب المفرغة المستخدمة في أوروبا الوسطى تستخدم أنابيب الحرارة لجوهرها بدلا من تمرير سائل مباشرة من خلالها. ويعتبر التدفق المباشر هو الأكثر شيوعا في الصين. وتتكون أنابيب الحرارة المفرغة من أنابيب زجاجية مفرغة عديدة كل منها يحتوي على لوح امتصاص مدمج أو ملتحم بأنبوبة حرارية .ويتم نقل الحرارة من الطرف الساخن للأنابيب الحرارية إلى الماء. والفراغ الذي يحيط بخارج الأنبوبة يقلل إلى حد كبير من الحمل الحراري والتوصيل وفقدان الحرارة إلى الخارج، لذلك يحقق قدر أكبر من الكفاءة من مجمعات الألواح المسطحة، وخاصة في الأحوال الجوية الأكثر برودة. ويتم فقدان هذه الميزة إلى حد كبير في الظروف المناخية الحارة، إلا في الحالات التي يكون فيها الماء الساخن جدا مرغوب فيه، على سبيل المثال مياه العمليات التجارية. ودرجات الحرارة المرتفعة التي يمكن أن تحدث قد تتطلب تصميم نظام خاص لمنع السخونة الزائدة.

وبعض الأنابيب المفرغة يتم صنعها من طبقة واحدة من الزجاج والتي تلتحم أو تندمج بالأنبوبة الحرارية في النهاية العلوية وتحيط بالأنبوبة الحرارية وبلوح الامتصاص في الفراغ. والبعض تكون مصنوعة من طبقة مزدوجة من الزجاج ملتحمة ببعضها عند إحدى أو كلا النهايات داخل الفراغ ما بين الطبقات حيث يكون لوح الامتصاص والأنبوبة الحرارية موجودين في الضغط الجوي العادي. و**شكل (٣-١٨)** يوضح مجمع الأنابيب المفرغة أما **شكل (٣-١٩)** فيبين تركيب الأنبوبة المفرغة.



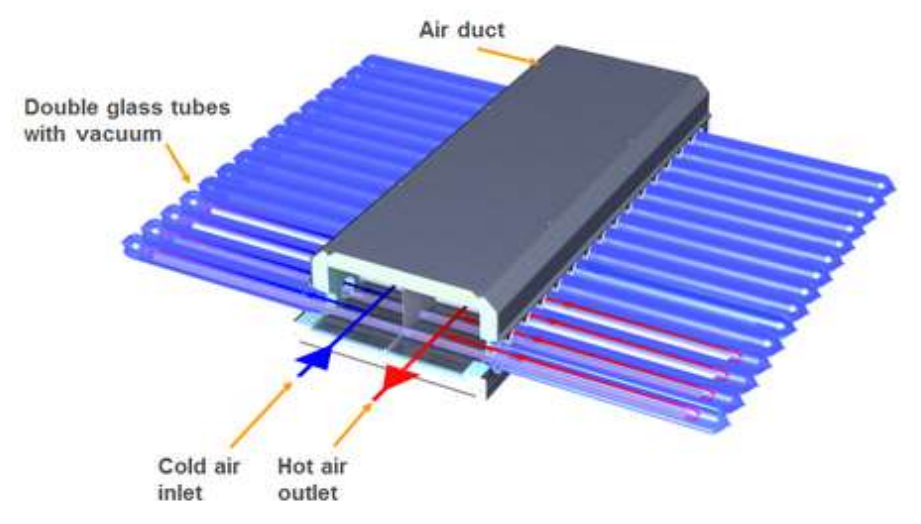
شكل (٣-١٨) مجمع الأنابيب المفرغة



شكل (٣-١٨) تركيب الأنبوبة المفرغة

٣-٢-٢١ مجمعات تسخين الهواء:

مجمعات الطاقة الشمسية لتسخين الهواء هي مجمعات تسخن الهواء بشكل مباشر، ودائما تستخدم لأغراض التدفئة. كما أنها تستخدم أيضا في التسخين المسبق للهواء في بعض الأنظمة الصناعية والتجارية. كما إنها تقع في فئتين هي المطلية وغير المطلية .فالأنظمة المطلية لها طبقة علوية شفافة وكذلك جانب معزول وألواح خلفية للتقليل من فقدان الحرارة إلى الجو المحيط. ويمكن لألواح الامتصاص في الألواح الحديثة أن تمتلك امتصاصية أكبر من ٩٣ %. ويمر الهواء عادة على طول الجهة الأمامية أو الخلفية من لوح الامتصاص عندما يتم فصل الحرارة مباشرة منه. ويمكن بعد ذلك أن يتم توزيع الهواء المسخن مباشرة لبعض التطبيقات مثل أغراض التدفئة والتجفيف أو قد يتم تخزينه لاستخدامه في وقت لاحق. والأنظمة غير المطلية، أو الأنظمة الهوائية الظاهرة، تتكون من لوح امتصاص يعبر من خلاله الهواء حيث أنه يفصل الحرارة من لوح الامتصاص. وتستخدم عادة هذه الأنظمة في التسخين المسبق للهواء في المباني التجارية. وتعد هذه التقنيات من بين التقنيات الشمسية المتاحة والاقتصادية والأكثر كفاءة والتي يمكن الاعتماد عليها. وعمر الألواح الشمسية المطلية لتسخين الهواء قد يكون لمدة أقل من ١٥ سنة تبعا للوقود الذي يتم استبداله. وشكل (٣-٢٠) يوضح نموذج المجمع الشمسي لتسخين الهواء.



شكل (٣-٢٠) المجمع الشمسي لتسخين الهواء

٣-٢-٢٢ المجمع الطبق :

هو أحد مجمعات الطاقة الشمسية الحرارية والتي تعمل على غرار طبق القطع المكافئ، ولكن بدلا من استخدام مرآة تعقب مكافئة ذات جهاز استقبال ثابت، يمتلك المجمع مرآة كروية ثابتة ذات جهاز استقبال تتبعي .وهذا يقلل من كفاءتها ولكن يجعلها أقل ثمناً لكي يتم بنائها وتشغيلها .ويطلق عليها المصممون مرآة ثابتة موزعة لنظام للطاقة الشمسية المركزة .ويتمثل السبب الرئيسي لتطويرها في تقليل تكاليف تحريك مرآة كبيرة لتعقب الشمس كما هو الحال في أنظمة المجمعات ذو شكل الطبق .

والمرآة الثابتة المكافئة تكون صورة مختلفة للشمس وهي تتحرك في عرض السماء. وفقط عندما توجه المرآة مباشرة للشمس، حيث يتركز الضوء في نقطة واحدة. وهذا هو السبب في أن أنظمة طبق القطع المكافئ تتبع الشمس. وتقوم المرآة الكروية الثابتة بتركيز الضوء في نفس المكان غير معتمدة على موضع الشمس. ومع ذلك، فإنه لا يتم توجيه الضوء إلى نقطة واحدة ولكن يتم توزيعه على خط من سطح المرآة لأحد أنصاف قطرها (على طول الخط الذي يمر عبر مركز الكرة والشمس. و**شكل (٣-٢١)** المجمع الشمسي الطبق.



شكل (٣-٢١) المجمع الشمسي الطبق

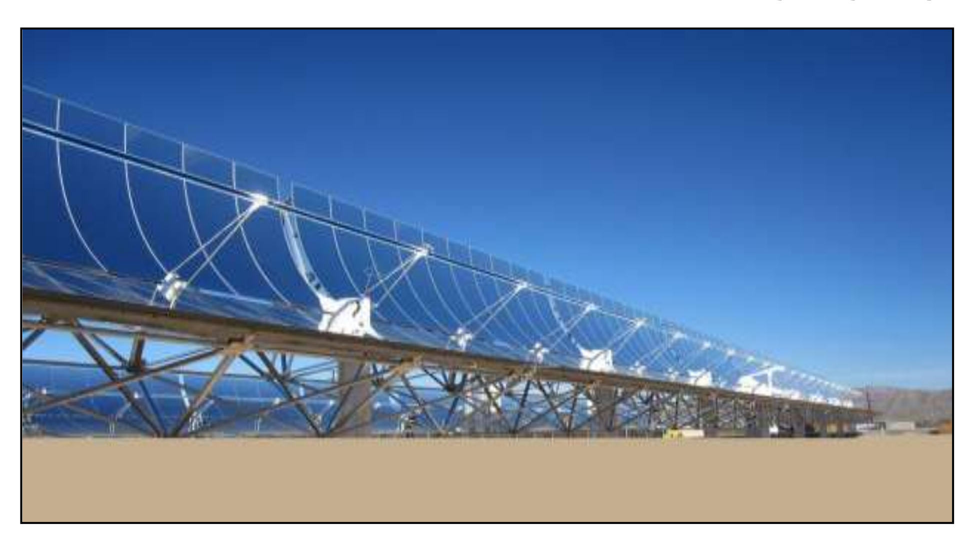
وبما أن الشمس تتحرك عبر السماء، فإن فتحة العدسة لأي مجمع ثابت تتغير. وهذا يسبب تغيرات في كمية ضوء الشمس الملتقطة، منتجة ما يسمى بالتأثير الجيبي لإنتاج الطاقة. فالمؤيدين لتصميم يدعون بأنه يمكن تعويض انخفاض ناتج الطاقة الإجمالي مقارنة بمرايات القطع المكافئ المتتبعة عن طريق خفض تكاليف النظام. وضوء الشمس المركز على الخط المحوري للعاكس الكروي يتم تجميعه باستخدام جهاز استقبال تتبعي. ويتمحور جهاز الاستقبال حول خط الاتصال وعادة ما يتم مواجهته. وقد يتكون هذا الجهاز من أنابيب تحمل السوائل من أجل النقل الحراري أو خلايا كهروضوئية للتحويل المباشر للضوء إلى كهرباء. وقد نتج تصميم المجمع الشمسي الطبق من مشروع لقسم الهندسة الكهربية لجامعة تكساس التقنية لتطوير مشروع لإنتاج طاقة مقدارها ٥ ميجا وات.

٣-٢-٢٣ المجمعات الشمسية المستخدمة لتوليد الكهرباء:

تستخدم أحواض القطع المكافئ والأطباق والأبراج بشكل حصري في محطات توليد الطاقة الشمسية أو للأغراض البحثية. وعلى الرغم من بساطتها، إلا أن هذه المركزات الشمسية لا تزال بعيدة تماما عن التركيز الأقصى النظري .فعلى سبيل المثال، تركيز أحواض القطع المكافئ هي حوالي ثلث الحد الأقصى النظري. وقد يتم تحقيق الإقتراب من الحد الأقصى النظري عن طريق استخدام مركزات أكثر تطوراً.

٣-٢-٢٤حوض القطع المكافئ:

يستخدم عادة هذا النوع من المجمعات في محطات الطاقة الشمسية. حيث يتم استخدام عاكس قطع مكافئ على شكل حوض لتركيز أشعة الشمس على أنبوب معزول، موضوع عند نقطة الاتصال، وتحتوي على سائل تبريد والذي يعمل على نقل الحرارة من المجمعات إلى الغلايات في محطة توليد الكهرباء وشكل (٣-٢٢) يوضح مجمع القطع حوض المكافئ.



شكل (٣-٢٢) مجمع حوض القطع المكافئ

٣-٢-٢٥ طبق القطع المكافئ:

هذا هو النوع الأكثر قوة من المجمعات. حيث يقوم واحد أو أكثر من الأطباق مكافئة المقطع بتركيز الطاقة الشمسية عند نقطة اتصال واحدة، بطريقة مشابهة لتلسكوب عاكس والذي يقوم بتركيز ضوء النجوم، أو لطبق هوائي يستخدم لتركيز موجات الراديو اللاسلكية. ويمكن استخدام هذه الهندسة في أفران الطاقة الشمسية ومحطات توليد الطاقة الشمسية. هناك نوعان من الظواهر الرئيسية يمكن فهمهما لاستيعاب تصميم الطبق مكافئ المقطع. وإحداهما هي أن شكل القطع المكافئ يتم تعريفه بحيث أن الأشعة الواردة والتي هي موازية لمحور الطبق سوف يتم عكسها تجاه البؤرة، بغض النظر عن مكان وصولها على الطبق.

المفتاح الثاني هو أن أشعة الضوء من الشمس والتي تصل لسطح الأرض تكاد تكون متوازية تماما. لذا، إذا كان الطبق محاذيا مع محوره مشيرا إلى الشمس، فانه سوف يتم انعكاس تقريبا كل الأشعة الواردة تجاه نقطة البؤرة للطبق، حيث أن الطبق يتم تصميمه عموما ليكون صغيرا ويكون هذا العامل غير ذي أهمية في يوم مشمس. وفي تصاميم محطات توليد الطاقة باستخدام الأطباق مكافئة المقطع، يتم وضع محرك ستيرلينج بالإضافة إلى دينامو في بؤرة الطبق، والتي تمتص الحرارة من الإشعاع الشمسي الحادث وتحوله إلى كهرباء.

وشكل (٣-٢٣) يوضح حقل من مجمعات طبق القطع المكافئ.

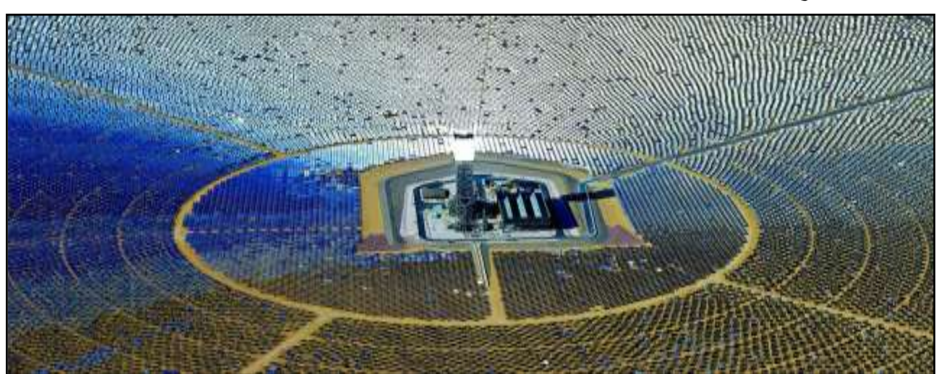


شكل (٣-٢٣) حقل مجمعات طبق القطع المكافئ

٣-٢-٢٦ برج الطاقة الشمسية:

برج الطاقة هو عبارة عن برج كبير محاط بمرايا للتتبع يُطلق عليها هليوستات. وتلك المرايا تحاذي بعضها البعض وتركز أشعة الشمس على جهاز الاستقبال عند الجزء العلوي من البرج، ويتم تحويل الحرارة المجمعة إلى محطة توليد الكهرباء بالأسفل.

وشكل(٣-٢٤) يعرض حقل برج الطاقة الشمسية في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية.



شكل (٣-٢٤) حقل برج الطاقة الشمسية في كاليفورنيا – الولايات المتحدة الأمريكية

٣-٢-٢٧ مزايا إنتاج الكهرباء بالمركزات الشمسية:

هنا يتم الوصول إلى درجات حرارة عالية جدا. فدرجات الحرارة المرتفعة تكون مناسبة لتوليد الكهرباء باستخدام الطرق التقليدية مثل التوربين البخاري أو بعض التفاعلات الكيميائية عالية الحرارة المباشرة مثل الملح السائل .ومن مزايا إنتاج الكهرباء بمركزات الطاقة الشمسية.

- الكفاءة الجيدة، عن طريق تركيز أشعة الشمس. فإن أنظمة تركيز الطاقة الشمسية غالبا لها كفاءة أفضل من الخلايا الشمسية البسيطة.

- يمكن تغطية مساحة أكبر باستخدام المرايا غير المكلفة نسبياً بدلاً من استخدام الخلايا الشمسية المُكلفة.

- يمكن إعادة توجيه الضوء المركز إلى موقع مناسب عبر كابل الألياف البصرية وعلى سبيل المثال المباني المضيئة.

- يتم تحقيق تخزين الحرارة لإنتاج الطاقة أثناء الظروف الجوية الغائمة وخلال الليل في الغالب بواسطة صهريج تخزين تحت الأرض من السوائل الساخنة. وقد استخدمت الأملاح المنصهرة للحصول على طاقة دائمة.

٣-٢-٢٨ عيوب إنتاج الكهرباء بالمركزات الشمسية:

- أنظمة التركيز تتطلب وجود نظام تتبع للشمس للحفاظ على تركيز أشعة الشمس على المجمع.

- عدم القدرة على توفير الطاقة في ظروف انتشار الضوء. الخلايا الشمسية قادرة على توفير بعض الإنتاج حتى لو كانت السماء غائمة قليلاً، ولكن ناتج الطاقة من أنظمة التركيز ينخفض بشكل كبير في الظروف الغائمة حيث أنّه لا يمكن تركيز الضوء المنتشر بشكل سلبي.

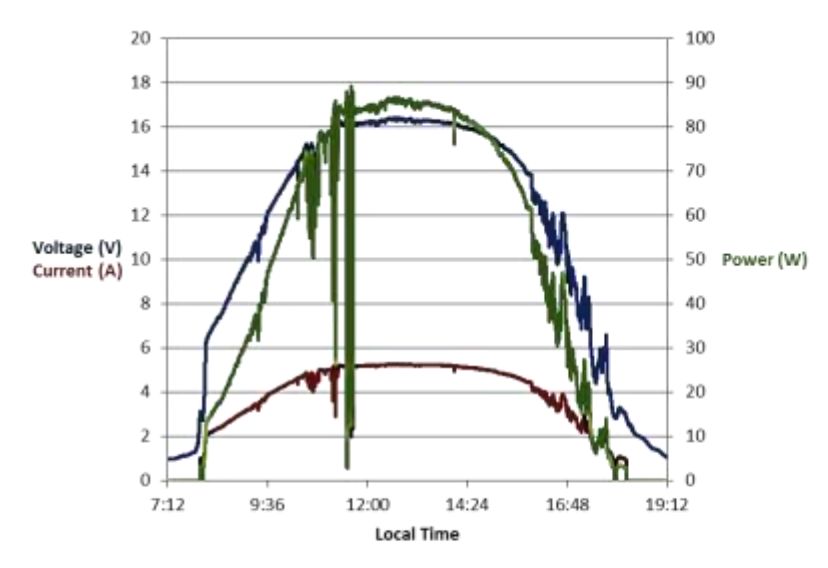
٣-٢-٢٩ أنظمة الطاقة الكهروضوئية:

ساهمت الطاقة الشمسية بالفعل الى حد ٩٤% من استخدام كوكبنا للطاقة. وتقوم الاشعة الشمسية بتدفئة سطح الأرض وغلافها الجوي من درجة حرارة الفضاء البالغة من-273 درجة مئوية إلى +14.5 درجة مئوية في المتوسط، وبهذا هي تمكّن جميع أنواع الحياة. ومن دون الطاقة الشمسية، ستكون الأرض قطعة صخرية في الفضاء بدرجة حرارة قريبة من الصفر المطلق.

والتقنية الكهروضوئية هي التطبيق الأكثر تنوعاً للطاقة الشمسية، حيث تمكّن القدرة الكهربائية الشمسية المتولدة عن طريق التحويل المباشر لضوء الشمسية الى كهرباء. وفي الوقت الحاضر تقوم الأنظمة الكهروضوئية بتحويل **15%** من الأشعة الشمسية القادمة على الاقل الى كهرباء مستدامة على جميع أجزاء الأرض بعمر افتراضى ٣٠ عاما لكل خلية. فعندما يسقط ضوء الشمس على الخلية فإن جزء معين منها داخل المادة الشبه موصلة يقوم بامتصاص الضوء وتنطلق الإلكترونات والتدفق كتيار فى اتجاه معين. ويمكننا أن نسحب التيار للاستعمال الخارجي وذلك بوضع وصلات معدنية في قمة وأسفل الخلايا الكهروضوئية. والتيار مع الجهد الكهربائي للخلية يقومان بتحديد القدرة الكهربية التي يمكن أن تنتجها الخلية الشمسية. وشكل (٣-٢٥) يوضح استخدام الخلايا الفولتوضوئية فوق أسطح المنازل لتوليد الكهرباء. أما شكل (٣-٢٦) فيوضح الكهرباء الناتجة من خلية كهروضوئية خلال اليوم.



شكل (٣-٢٥) استخدام الخلايا الفولتوضوئية فوق أسطح المنازل لتوليد الكهرباء



شكل (٣-٢٦) الكهرباء المنتجة من خلية ضوئية خلال اليوم

٣-٢-٣٠ أنواع الخلايا الشمسية:

الخلايا الغير متصلة بالشبكة الكهربية وتتكون من وحدات كهروضوئية ونظام تخزين يضمن توفير الطاقة الكهربائية أثناء الليل. وهذه الخلايا مفيدة من الناحية الفنية والمالية لأنها يمكن أن تحل محل مجموعات المولدات الكهربائية عندما تكون الشبكة الكهربائية غير موجودة أو عندما لا يكون من السهل الوصول إليها. ومن تطبيقات هذا النوع ضخ معدات المياه، تشغيل الرادارات، في محطات رصد الطقس أو الزلازل ونقل البيانات، أنظمة البرق، نظم الإشارات للطرق والموانئ والمطارات، المنشآت الإعلانية، محطات الارسال وشبكات الهاتف. أما الخلايا الكهروضوئية المتصلة بالشبكات بشكل دائم الطاقة فأنها تغذي الشبكة خلال الساعات التي لا يستطيع فيها مولد الطاقة الكهروضوئية إنتاج الطاقة اللازمة لتلبية احتياجات المستهلك.

على العكس من ذلك، إذا كان النظام الكهروضوئي ينتج طاقة كهربائية زائدة، فإن الفائض يوضع في الشبكة. ومن مميزات هذا النوع من الخلايا تقديم ميزة التوزيع بدلاً من التوليد المركزي، حيث أن الطاقة المنتجة بالقرب من منطقة الاستهلاك لها قيمة أعلى من تلك المنتجة في محطات الطاقة الكبيرة التقليدية، لأن خسائر الإرسال محدودة ومصروفات النقل الكبيرة وإرسال الأنظمة الكهربائية يتم تخفيضها . بالإضافة إلى ذلك، يسمح إنتاج الطاقة في ساعات التشميس بخفض متطلبات الشبكة خلال النهار، أي عندما يكون الطلب أعلى .

والخلايا الشمسية المتحركة تحتوي على المتتبع الشمسي وهو جهاز يعمل على تحريك الخلية من الشرق الى الغرب لاستغلال أطول مدة زمنية من أشعة الشمس. وفي التطبيقات الكهروضوئية المسطحة يمكن استخدام أجهزة التعقب هذه أو المتتبعات الشمسية لتقليل زاوية الحدوث بين ضوء الشمس القادم والخلايا الضوئية. وهذا يزيد من كمية الطاقة الكهربية المنتجة. وفي التطبيقات الكهروضوئية المعيارية. و**شكل (٣-٢٧)** يوضح حقل خلايا كهروضوئية متحركة.



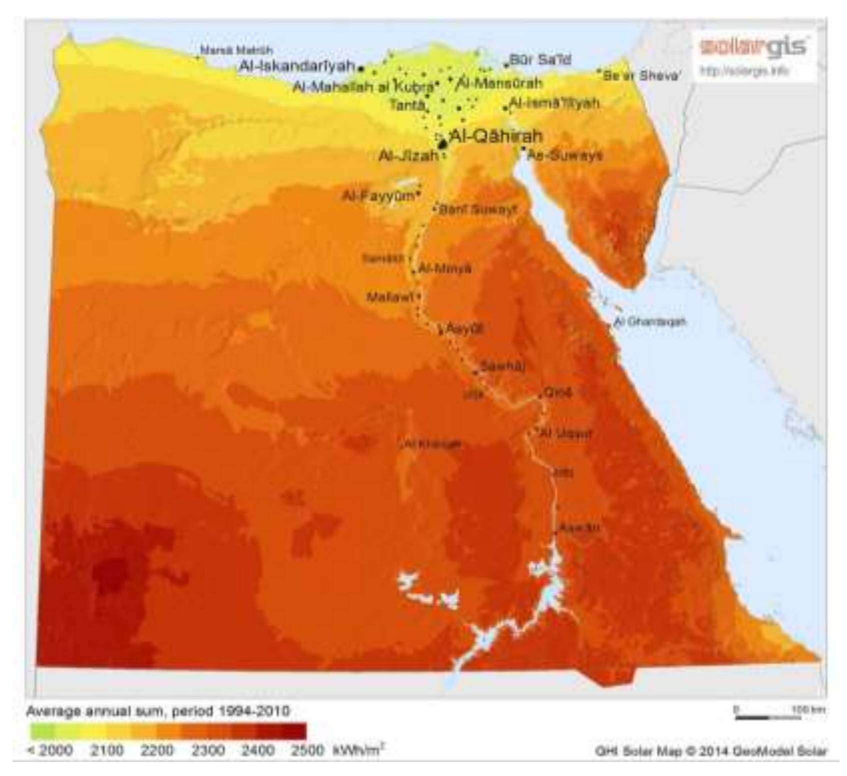
شكل (٣-٢٧) حقل خلايا كهروضوئية متحركة

٣-٢-٢١ الطاقة الشمسية في مصر:

تقع مصر جغرافياً بين خطي عرض ٢٢ و٣١,٥ شمالاً، وبهذا فإن مصر تعتبر في قلب الحزام الشمسي العالمي. وبذلك فإنها تعد من اغنى دول العالم بالطاقة الشمسية. **وشكل (٣-٢٨)** يعرض خريطة الأشعاع الشمسي في مصر.

تتلقى معظم أنحاء البلاد بداية من القاهرة وحتى أقصى الجنوب إشعاعاً يتجاوز ٦ كيلووات في الساعة على المتر المربع. وتقل الأيام التي تظهر فيها السحب أغلب ساعات النهار عن ٢٠ يوم في العام. ويتزايد الإشعاع الكلي من الشمال للجنوب حيث تبلغ قيمته ٥ كيلووات في الساعة على المتر المربع بالقرب من الساحل الشمالي وتزيد عن ٧ كيلووات في الساعة على المتر المربع في بعض المناطق الجنوبية. ويصل عدد ساعات سطوع الشمس إلى ما يتجاوز ٤٠٠٠ ساعة سنوياً. وتعد هذه الأرقام من أعلى المعدلات في العالم.

وتحتاج بعض القطاعات الصناعية كميات كبيرة من الطاقة الحرارية ومنها صناعة الغزل والنسيج، والصناعات الغذائية، والصناعات الكيماوية والدوائية، والصناعات المعدنية، والصناعات الحرارية مثل صناعة الطوب الحراري. كذلك تحتاج المنازل إلى سخانات المياه ولكن من أهم العوامل التي أدت إلى قلة استخدام السخانات الشمسية مقارنة بالسخانات الأخرى المركبة في المنازل، والتي تعمل بالغاز والكهرباء هو ارتفاع التكلفة الاستثمارية للسخانات الشمسية. فالسخان الشمسي النمطي يصل إلى ضعف أو ثلاثة أضعاف ثمن سخان الغاز أو السخان الكهربي المناظر .



شكل (٣-٢٨) خريطة الإشعاع الشمسي في مصر

ورغم أن تكلفة التشغيل للسخانات منخفضة حيث لا تحتاج إلى وقود أو كهرباء لتشغيلها، وتقتصر تكلفة التشغيل على بعض الصيانات البسيطة، إلا أن التكلفة الاستثمارية تعتبر مرتفعة بالنسبة للمستهلك العادي نظراً لضعف القدرة الشرائية بالنسبة لعامة الشعب المصري، الأمر الذي يجعل المستهلك يفضل شراء السخانات الأخرى الأقل تكلفة على أن يتحمل تكلفة تشغيل شهرية أكبر .

وقد تم بناء محطة ريادية لتوليد الكهرباء بالتوربينات البخارية وتشغيلها بواسطة الطاقة الحرارية الناتجة عن استخدام المركزات الشمسية في منطقة الكريمات بمحافظة الجيزة حيث تعطي ٢٠ ميجاوات من الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية وحوالي ١٢٠ ميجاوات بالطاقة باستخدام الغاز الطبيعي.

أما في مجال الخلايا الضوئية الشمسية فإنها تمثل بديلاً مشجعاً للغاية حيث أنها لا تشتمل على أي أجزاء متحركة ولا تسبب تلوثاً بيئياً. وترتبط صناعة الخلايا الشمسية ارتباطاً وثيقاً بالصناعات الإلكترونية المتطورة التي نشأت بالارتباط مع غزو الفضاء ورغم أن تكلفتها تنخفض باستمرار عاماً بعد عام إلا أنها لازالت بديلاً مكلفاً، بالرغم من اقتصادها مشجع للأحمال الصغيرة بالأماكن النائية البعيدة عن الشبكة الكهربية الموحدة . والاستخدامات الحالية في مصر من الخلايا الشمسية تتم علي مستوى تجريبي، وتتضمن توليد الكهرباء اللازمة لضخ المياه وإزاحة الملوحة والتبريد والاتصالات وإضاءة بعض الطرق.

٣-٣ الطاقة المائية:

الطاقة المائية هي الطاقة المستمدة من حركة المياه المستمرة. وهي من أهم مصادر الطاقة المتجددة. ومنذ العصور القديمة استخدم الإنسان طاقة حركة الماء في الري وطحن الحبوب وصناعة النسيج تشغيل المناشير وغيرها من العمليات الحياتية.

وتم استغلال طاقة المياه لقرون طويلة. ففي امبراطورية روما، كانت الطاقة المائية تستخدم في مطاحن الدقيق وإنتاج الحبوب ، كما في الصين وبقية بلدان الشرق الاقصى والعصر الذهبي للحضارة الإسلامية. وتستخدم حركة الماء الهيدروليكية في تحريك عجلة لضخ المياه في قنوات الري وهو ما يعرف بالسواقي كالتي استخدمت في مصر منذ عهد النبي يوسف عليه السلام.

وكان نقل الطاقة الميكانيكية مباشرة يتطلب وجود الصناعات التي تستخدم الطاقة المائية قرب شلال أو جريان للماء. وخاصة خلال النصف الأخير من القرن التاسع عشر، واليوم يعتبر أهم استخدامات الطاقة المائية هو توليد الطاقة الكهربية، مما يوفر الطاقة المنخفضة التكلفة حتى لو استخدمت في الأماكن البعيدة من المجرى المائي. وأنواع الطاقة المائية هي:

- السواقي التي استخدمت لمئات من السنين في الري وتشغيل المطاحن وتسيير الآلات.
- الطاقة الكهرومائية والمقصود هنا السدود والمنشآت النهرية التي تنتج الكهرباء.
- طاقة المد والجزر وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه الأفقي.
- طاقة التيار المدي وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه العمودي.
- طاقة الأمواج التي تستخدم الطاقة على شكل موجات.

٣-٣-١ الطاقة الكهرومائية:

الطاقة الكهرومائية اسم مشتق من كلمتي كهرباء وماء وهي الطاقة التي يستفاد في توليدها من الطاقة المائية. وهي بذلك تعد من أشكال الطاقة النظيفة المستخدمة في نطاق عالمي. وتعتمد طريقة التوليد علي تحويل طاقة المياه الكامنة إلى طاقة حركية ثم إلى شغل آلي ثم طاقة كهربية. ولكل عملية تحويل تقنيتها الخاصة والأكثر شيوعاً هو بناء سد على مجرى مائي فتتكون بحيرة اصطناعية بسعة مائية كبيرة. وعند فتح المنفذ المائي في السد تتدفق المياه بتأثير الجاذبية وتتحول طاقة الماء الكامنة إلى طاقة حركية. وتقوم الطاقة الحركية للمياه بشغل آلي هو تدوير المولد الكهربي. ويتم نقل الطاقة الكهربائية المولدة إلى شبكة التغذية بجهد عال لتقليل الفقد الناجم عن مقاومة التيار الكهربي في الأسلاك.

٣-٣-٢ محطات توليد الطاقة الكهرومائية:

هناك تنوع كبير في محطات الطاقة الكهرومائية اعتمادا على تكوين المجرى المائي، والتضاريس، وارتفاع الماء أمام السد. فالمحطات متوسطة الحجم ذات التدفق العالي ومع ارتفاع منخفض من١٠ إلى ١٥ متر ولكن تدفق عال جدا . غالبا في الكميات الكبيرة للمياه تضخ المياه إلى خزان علوي عند توفر فائض من الإنتاج ثم استعمال هذه المياه المخزنة لتولد الطاقة عند ذروة الطلب. وهذه الدورة يمكن أن تكون يومية أو أسبوعية أو فصلية وتسمى بتقنية الطاقة الكهرومائية بالضخ والتخزين. و**شكل (٣-٢٩)** يوضح سد محطة التبت للطاقة الكهرومائية بالصين.



شكل (٣-٢٩) محطة التبت للطاقة الكهرومائية - الصين

٣-٣-٣ الطاقة الكهرومائية في مصر:

سد أسوان العالي أو السدّ العالي هو سد مائي على نهر النيل في جنوب مصر، وقد ساعد السوفييت في بنائه وهو ثاني سد يتم بنائه على النيل بأسوان ، حيث تم بناء السد الأول بين عامي ١٨٩٨ و ١٩٠٢ بواسطة المصريين والإنجليز وسمي سد أسوان حيث كان هدف السد هو تقليل أثار فيضان النيل الذي يأتي كل عام وكان يغرق الكثير من قرى مصر. أما السد الثاني سمي السد العالي وقد ساهم أيضا في التحكم في تدفق المياه وتوليد الكهرباء في مصر. وطول السد العالي ٣٦٠٠ متر، وعرض القاعدة ٩٨٠ متر، عرض القمة ٤٠ مترا، والارتفاع ١١١ متر. حجم جسم السد ٤٣ مليون متر مكعب من إسمنت وحديد ومواد أخرى، ويمكن أن يمر خلال السد تدفق مائي يصل إلى ١١٠٠٠ متر مكعب من الماء في الثانية. وبدأ بناء السد في عام ١٩٦٠ وعمل في بناءه الخبراء المصريين مع ٤٠٠ خبير سوفييتي وأكمل بناؤه في ١٩٦٨. وتم تركيب آخر ١٢ مولد كهربائي في ١٩٧٠ وافتتح السد رسمياً في عام ١٩٧١.

ولكن أدى السد العالي إلى تقليل خصوبة نهر النيل وعدم تعويض المصبات في دمياط ورأس البر بالطمي. وتجدر الإشارة هنا إلى أن أول من اشار ببناء سد على النيل هو العالم العربي المسلم الحسن بن الحسن بن الهيثم ولد عام ٩٦٥م وتوفى عام ١٠٢٩م في عهد الدولة الفاطمية والذي لم تتح له الفرصة لتنفيذ فكرته وذلك بسبب عدم توفر الآلات اللازمة لبنائه.

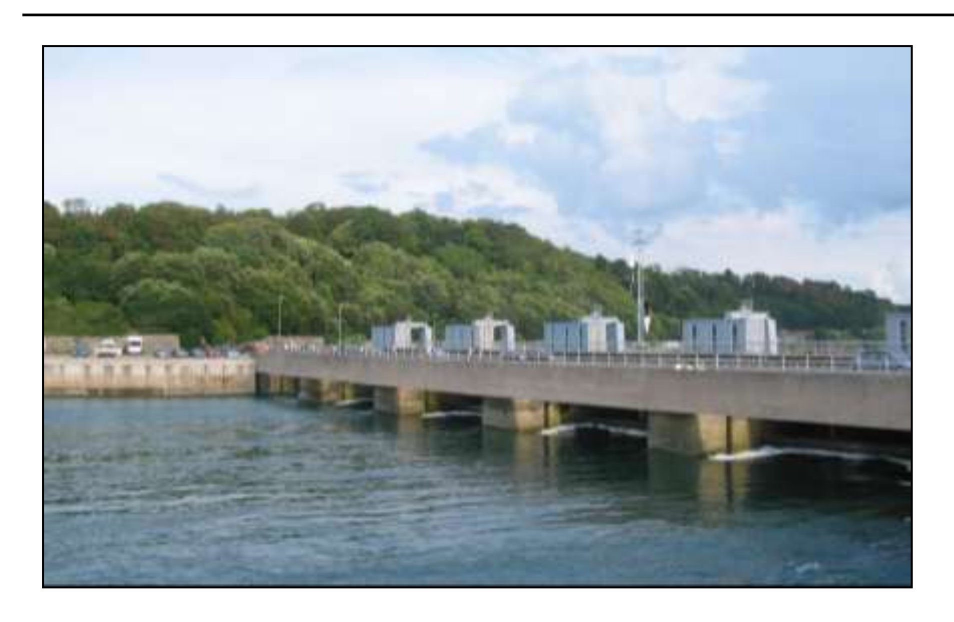
وتوجد محطة الكهرباء عند مخارج الأنفاق حيث يتفرع كل نفق إلى فرعين مركب على كل منهما توربين لتوليد الكهرباء وعدد التوربينات ١٢ توربين قدرة التوربين ١٧٥ ميجاوات القدرة الإجمالية للمحطة ٢١٠٠ ميجاوات الطاقة الكهربية المنتجة **10**مليار كيلووات ساعة سنويا. وشكل (٣-٣٠) صورة للسد العالي بأسوان للطاقة الكهرومائية بمصر.



شكل (٣-٣٠) السد العالي بأسوان للطاقة الكهرومائية - مصر

٣-٣-٤ طاقة المد والجزر:

طاقة المد والجزر هي شكل من أشكال الطاقة المائية التي تحول المد والجزر إلى أشكال مفيدة للطاقة، وخاصة الكهرباء. حيث تحمل حركة المحيط طاقة على شكل مد وجزر وموجات وتيارات مائية وهناك اهتمام ثابت في تسخير قدرة المد والجزر وتم تركيز الاهتمام على مصبات الأنهار حيث تعبر حجوم كبيرة من الماء خلال قنوات ضيقة مما يزيد من سرعة الجريان ولكن كان هناك مشاكل بيئة كبيرة واجهت العلماء لتنفيذ هذه التقنية. لذلك لجأ العلماء إلى النظر إلى إمكانية استخدام التيارات الساحلية وفي التسعينيات تم انتشار الأسيجة المدية في القنوات بين الجزر الصغيرة وكان ذلك خيارا فعالا أكثر من وجودهما على مصبات الأنهار. وأكبر محطة طاقة مد وجزر في العالم هي محطة لارانس للمد والجزر في فرنسا، والتي بدأ تشغيلها عام ١٩٦٦ شكل (٣-٣١).



شكل (٣-٣١) محطة لارانس لطاقة المد والجزر- فرنسا

ومبدأ عمل المحطات المدية الجزرية يشبه إلى حد ما المحطات الكهرومائية وتتكون المحطة المدية الجزرية من الحوض المدي أو المصب وإيجاد المكان المناسب الذي يحتوي على المصب ضروري لنجاح هذه المحطة وهذا المصب لا يكون من صنع الإنسان وإنما يكون طبيعيا والحوض المدي يكون ميزة جغرافية وليس من السهولة إيجاده أو تصنيعه. فالمصب المناسب يجب أن يكون مجسما ضخما من الماء المحاط كليا بالأرض مع فتحة صغيرة إلى البحر وكمية الطاقة التي يمكن أن تولدها من هذه المحطة يتبع لحجم الصب فكلما زاد حجم الصب تزيد كمية الطاقة. والحاجز المدي هذا الحاجز يبدو مثل الحائط الذي يفصل الحوض المدي عن باقي البحر أسفل هذا الحاجز يكون مثبتا على قاع البحر وقيمة هذا الحاجز تكون فوق أعلى مستوى يمكن أن يصل إليه الماء من أكبر مد. والحاجز المدي يؤدي غرض قطع مياه البحر عن الماء في مصب النهر لذا فالماء يمكن أ ن يحصر بطريقة أو أسلوب مفيد من أجل أحداث الطاقة المدية.

وبوابات التحكم وهي مناطق من الحاجز يستطيع الماء أن يتدفق بحرية من وإلى خارج المصب وهذه البوابات ليست مفتوحة بشكل دائم حيث يتم التحكم بها بواسطة مشغلي مركز الطاقة لتحديد التدفق المناسب من الماء إلى التوربينات المدية. والتوربينات المدية نفسها هذه التوربينات مرتبة ضمن الحاجز المدي وتستقر بالقرب من قاع أرضية البحر وتصمم هذه التوربينات بأسلوب مماثل للتوربينة البخارية. تقع التوربينات بين موضع بوابات التحكم على كلا المصب وجانب البحر من الحاجز المدي عندما تفتح هذه البوابات يندفع الماء خلالها إلى التوربينات لتدور وتتولد الكهرباء.

٣-٤ طاقة الرياح:

يتم تحويل طاقة حركة الرياح إلى طاقة كهربية باستخدام التوربينات التي تحرك مولدات كهربائية . واستخدمت طاقة الرياح في الحضارات القديمة فقد استخدمها الفراعنة في تسيير المراكب في نهر النيل كما استخدمها الصينيون عن طريق طواحين الهواء ولضخ المياه الجوفية. ويتم تركيب توربينات الرياح في حقول بأماكن فيها الرياح تقريبا دائمة طوال العام وقد تستخدم التوربينات الصغيرة لتوفير الكهرباء للمنازل الريفية او شبكات المناطق النائية. وتعتبر طاقة الرياح آمنة فضلا عن أنها طاقة متجددة، فهي طاقة صديقة بيئية لا يصدر منها ملوثات مضرة بالبيئة.

٣-٤-١ توربين الرياح:

المكونات الرئيسية لتوربين الرياح هي أذرع دوَّارة تحمل على عمود ومولد يعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربية، فعندما تمر الرياح على أذرع التوربين يسبب دورانها وهذا الدوران يشغل المولد فينتج طاقة كهربية، كما جهزت تلك التوربينات بجهاز تحكم في دوران التوربين لتنظيم معدل الدوران.

تعتمد كمية الطاقة المنتجة من توربين الرياح على سرعة الرياح وقطر دوران أذرع التوربين لذلك توضع التوربينات التي تستخدم لتشغيل المصانع أو للإنارة فوق أبراج لأن سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع عن سطح الأرض، ويتم وضع تلك التوربينات بأعداد كبيرة على مساحات واسعة من الأرض لإنتاج أكبر كمية من الكهرباء. وعادة يتم تخزين الكهرباء الزائدة عن الاستخدام في بطاريات، ولأن هناك بعض الأوقات التي تقل فيها سرعة الرياح، مما يصعب معه إنتاج الطاقة الكهربية، فإن مستخدمي طاقة الرياح يجب أن يكون لديهم مولدًا احتياطيًّا يعمل بالديزل أو بالطاقة الشمسية لاستخدامه في تلك الأوقات.

المكان الأفضل لوضع التوربينات يجب ألا يقل متوسط سرعة الرياح فيه سنويًّا عن ١٠ متر في الثانية. وأيضا توربينات الرياح يمكنها إنتاج طاقة ميكانيكية تستخدم في عدد كبير من التطبيقات، مثل ضخ المياه، والري، وتجفيف الحبوب وتسخين المياه. وتنتج دول كثيرة الطاقة الكهربية باستخدام توربينات الرياح مثل الولايات المتحدة حقول الرياح فيها موجود معظمها في كاليفورنيا، ومصر يوجد حقل توربينات الرياح بمنطقة الزعفرانة.

وشكل (٣-٣٢) يعرض محطة طاقة رياح بالدنمارك، أما شكل (٣-٣٣) يعرض توربينات رياح بحرية.



شكل (٣-٣٢) محطة طاقة رياح – الدنمارك



شكل (٣-٣٣) توربينات رياح بحرية

٣-٥ طاقة الحرارة الأرضية :

باطن الأرض الساخن يعتبر كمصدر طاقة بديل نظيف ومتجدد، والطاقة الناتجة هي طاقة حرارية كبيرة و ذات منشأ طبيعي تكون مختزنة في صخور الماجما في باطن الأرض. حيث يقدر أن أكثر من ٩٩% من كتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها ١٠٠٠ درجة مئوية. ويستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أساسي في توليد الكهرباء, وفي بعض الأحيان تستخدم للتدفئة عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض أو على صورة ينابيع حارة.

وتكمن الحرارة الجوفية في باطن الأرض والتي يمكن أن يستفيد منها الإنسان باستخدامها كطاقة بديلة في الأجزاء السطحية التي يمكن أن تصل إليها أعمال الحفر الآلي.

و**شكل (٣-٣٤)** يعرض محطة نسجافلير للطاقة الحرارية الأرضية في آيسلاندا.



شكل (٣-٣٤) محطة نسجافلير للطاقة الحرارية الأرضية في آيسلاندا

ثمة ظواهر طبيعية تشير إلى سخونة باطن الأرض، أهمها النشاطات البركانية التي ترافقها انفجارات وأبخرة وغازات ومقذوفات بركانية وتدفق حمم منصهرة وينابيع معدنية حارة. ويتعرض الإنسان إلى حرارة باطن الأرض مباشرة حين يتعمق داخل الحفر، مثل منجم وسْترن ديب ليفل لاستثمار الذهب في جنوب إفريقيا، والذي تصل أعماقه إلى نحو ٣٥٠٠ متر، إذ تبلغ الحرارة في أعماقه ما يقرب من ٤٠ْ درجة مئوية، على الرغم من استخدام أجهزة التهوية والتكييف. كما يلاحظ هذا التزايد الحراري بوضوح في عمليات الحفر الآلي العميق في أثناء عمليات التنقيب عن النفط.

ويقدر العلماء بناءا على قياسات أجريت في أثناء التعمق بالحفر في باطن الأرض، تزايد درجة الحرارة مع العمق بنحو ٢٥ إلى ٣٠ درجة مئوية لكل ١٠٠٠ متر، وهو ما يعرف بالتدرج الحراري الأرضي. ويزيد هذا المعدل عادة أو يتضاعف في أماكن النشاط الناري أو النشاط البركاني. فإذا كانت القياسات المباشرة لهذا التدرج الحراري تقتصر على أعماق سطحية جداً من الأرض، إذ إن أعمق الآبار الآلية التي حفرت لا تزيد إلا قليلاً على ١٠٠٠ متر، فإنه يتوقع، إذا استمر تزايد الحرارة وفق هذا المعدل، أن تصل درجة الحرارة في مركز الأرض، على عمق٦٥٠٠ كيلومتر، إلى حوالي ٢ مليون درجة، وهي درجة أعلى من درجة حرارة سطح الشمس ولذلك يعتقد أن معدل هذا التزايد الحراري، في معظم أعماق الأرض، أقل بكثير مما ذكر.

وتقسم مصادر الحصول على الطاقة الحرارية الأرضية إلى قسمين الأول هو المياه الحارة الجوفية والثاني هوالصخور الحارة التي توجد في المناطق النشطة بركانيا أو في الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض و يمكن الاستفادة من المياه الجوفية الحارة والصخور الحارة في توليد الطاقة الكهربائية وتسخين المياه التي تستخدم في التدفئة بالإضافة إلى استعمالها في الكثير من ميادين الصناعة و الزراعة الأخرى. وأحياناً تستخدم الطاقة الحرارية الأرضية في تدفئة المنازل عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض أو على صورة ينابيع حارة. ففي أيسلندا تنتشر هذه الينابيع الحارة، ويتم توصيفها لأغراض التدفئة والتسخين.

٣-٥-١ محطات الطاقة الحرارية الأرضية:

هناك ثلاثة أنواع من محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية، والنوع الأول هو محطات البخار الجاف وهي أقدم الطرق واكثرها انتشارا وهي نفس الطريقة التي استخدمت في إيطاليا سنة ١٩٠٤م. وتستخدم هذه المحطات الماء الموجود بشكل طبيعي في الطبقات الأرضية العميقة والموجود تحت تأثير ضغط وحرارة عاليين فيتم استخراجه بواسطة حفر آبار عميقة فيخرج على شكل بخار ماء بسبب حرارته العالية وبسبب فرق الضغط. ويسير هذا البخار في أنابيب ثم يعرض لتوربينات لتشغيل المولدات الكهربية التي تنتج الطاقة الكهربائية. ويضخ الماء المتكثف إلى الأرض عبر بئر آخر يسمى بئر الحقن.

والنوع الثاني هو محطات التبخير وتستخدم السوائل الموجودة بضغط عال تحت الأرض حيث يتم تركزها في وعاء ذي ثقب صغير يؤدي إلى وعاء أخر ذي ضغط معتدل فعند تحرك السائل من الوعاء الأول إلى الثاني عبر الثقب يتبخر بسبب السرعة وفرق الضغط العالي. يحرك البخار التوربين فيحرك بدوره المولدات الكهربائية التي تنتج الكهرباء ثم يضخ الماء المتكثف المتبقي إلى الأرض عبر بئر الحقن.

والنوع الثالث هو محطات الدائرة المزدوجة وتستخدم هذه المحطات السوائل الموجودة تحت الارض ذات درجة الغليان المرتفعة حوالي ٢٠٠ مئوية حيث يتم ضخها إلى الأعلى فتقوم بتسخين الماء الأقل في درجة الحرارة في أنبوب آخر يمر بمحاذات الأنبوب الساخن في عملية تبادل حراري. فيتبخر الماء الذي تم تسخينه بسبب درجة الحرارة المرتفعة للسائل في الأنبوب الآخر. ثم يحرك البخار توربين المولد الكهربائي ويتكثف فيعود مجددا إلى محاذاة الأنبوب الساخن ويتحرك بهذه الطريقة في دوران مستمر. ويضخ الماء المستخرج مجددا إلى الأرض عبر بئر الحقن.

٣-٥-٢ مصادر الطاقة الجوفية:

يعتقد كثير من العلماء أن الأرض قد استمدت سخونتها في أثناء تكونها في النظام الشمسي، ومن تصادم الأجسام النيزكية، يضاف إلي ذلك التسخين المستمر الناتج من الحرارة التي يطلقها تفكك العناصر المشعة كاليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم التي تتوزع في القشرة الأرضية. وكذلك من الحرارة الناجمة من احتكاك الكتل الصخرية الهائلة بالعمليات التكتونية والتفاعلات الكيميائية.

ورغم كل مميزات الطاقة الحرارية الأرضية، والتي جعلتها في طليعة مصادر الطاقة البديلة المستقبلية. إلا أن هناك بعض العوامل التي تصعب انتشارها على الأقل في وقتنا الحالي. ومن أهم هذه الأسباب ارتفاع تكلفة إقامة محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية. ويرجع السبب في ذلك إلى صعوبة حفر آبار بأعماق سحيقة ووسط درجات حرارة مرتفعة جدا. وكذلك عدم توافر أنظمة مائية في كثير من بقاع العالم. ومع أن الطاقة الحرارية الأرضية أقل كلفة من أي مصدر آخر للطاقة إلا أنها قابلة للاستنفاد، وقد تخلق مشكلات بيئية. فهي حين تستنفد في مَنْشَأة ما تؤدي إلى ضياع المنشأة كلها. كما يصدر عن بعض المنشآت كميات كبيرةً من الكبريت يمكن أن تعادل ما تطلقه منشآت مماثلة في الحجم تستخدم وقود الفحم الحجري ذي المحتوى العالي من الكبريت.

٣-٦ الطاقة الحيوية:

الطاقة الحيوية هي طاقة متجددة متوفرة من موارد مشتقة من المصادر الحيوية. والكتلة الحيوية وهي أي مادة عضوية قامت بتخزين ضوء الشمس في شكل طاقة كيميائية. ومن الممكن أن يتضمن شكل الوقود منها الخشب ونفايات الخشب والقش والسماد وقصب السكر، والعديد من المنتجات الثانوية الأخرى الناتجة عن عمليات زراعية متنوعة .

وإحدى مميزات وقود الكتلة الحيوية هو أنه غالبًا ما يكون منتجًا ثانويًا أو من بقايا أو منتج من نفايات عمليات أخرى، مثل الزراعة أو تربية الماشية أو الغابات. وذلك يعني نظريًا أنه لا يوجد تنافس بين إنتاج الغذاء وإنتاج الوقود، ولكن هذا ليس الحال دائمًا .

والكتلة الحيوية تشتق من العضويات التي كانت حية إلي وقت قريب، وهي تتضمن النباتات والحيوانات ومنتجاتها الثانوية . فالروث ونفايات الحدائق وبقايا المحاصيل تعد جميعها مصادر للكتل الحيوية. وهي مصدر طاقة متجدد يعتمد على دورة الكربون، على عكس الموارد الطبيعية الأخرى مثل النفط والفحم والوقود النووي. وتتضمن المصادر الأخرى روث الحيوانات، والذي يعد ملوثًا مستمرًا ولا يمكن تجنبه وينتج بشكل رئيسي عن الحيوانات التي يتم تربيتها في مزارع تربية الماشية الصناعية ذات الحجم الكبير .

وهناك أيضًا منتجات زراعية يتم زراعتها خصيصًا لإنتاج الوقود الحيوي. وهي الذرة وفول الصويا وإلى حد ما، على مستوى غير تجاري لإجراء الأبحاث، الصفصاف والثمام العصوي بشكل رئيسي في الولايات المتحدة. والسلجم والقمح والشمندر السكري والصفصاف في أوروبا بشكل رئيسي وخاصة في السويد. وقصب السكر في البرازيل وزيت النخيل والحشيشة الفضية في جنوب شرق آسيا والسورغم والكاسافا في الصين والجتروفا في الهند. ولقد ثبتت فعالية القنب أيضًا في العمل كوقود حيوي. و يمكن استخدام المنتجات التي يمكن أن تتحلل حيويًا والناتجة عن العمليات الصناعية أو الزراعية أو العمل في الغابات أو نفايات المنازل لإنتاج الوقود الحيوي، باستخدام، على سبيل المثال، الهضم اللاهوائي لإنتاج الغاز الحيوي والتغويز لإنتاج غاز التصنيع أو بواسطة الحرق المباشر. وتتضمن أمثلة المخلفات القابلة للتحلل الحيوي القش والخشب والروث وقشور الأرز ومياه الصرف الصحي والمخلفات الغذائية. ومن ثم يمكن أن يساهم استخدام وقود الكتلة الحيوية في إدارة المخلفات وأيضًا توفير الوقود والمساعدة في إيقاف تغير المناخ أو إبطاؤه، ولكنه بمفرده لا يعد حلاً شاملاً لهذه المشكلات .

ومن الممكن تحويل الكتلة الحيوية إلى أشكال أخرى من أشكال الطاقة القابلة للاستخدام مثل غاز الميثان أو وقود النقل مثل الإيثانول أو الديزل الحيوي. كما أن القمامة المتعفنة والنفايات الزراعية والبشرية جميعها تطلق غاز الميثان، والذي يطلق عليه أيضًا «غاز مدافن القمامة» أو «الغاز الحيوي». ويمكن تخمير المحاصيل مثل الذرة وقصب السكر لإنتاج وقود النقل وهو الإيثانول. ويمكن إنتاج الديزل الحيوي، وهو أحد غازات النقل الأخرى من بقايا المنتجات الغذائية مثل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية .

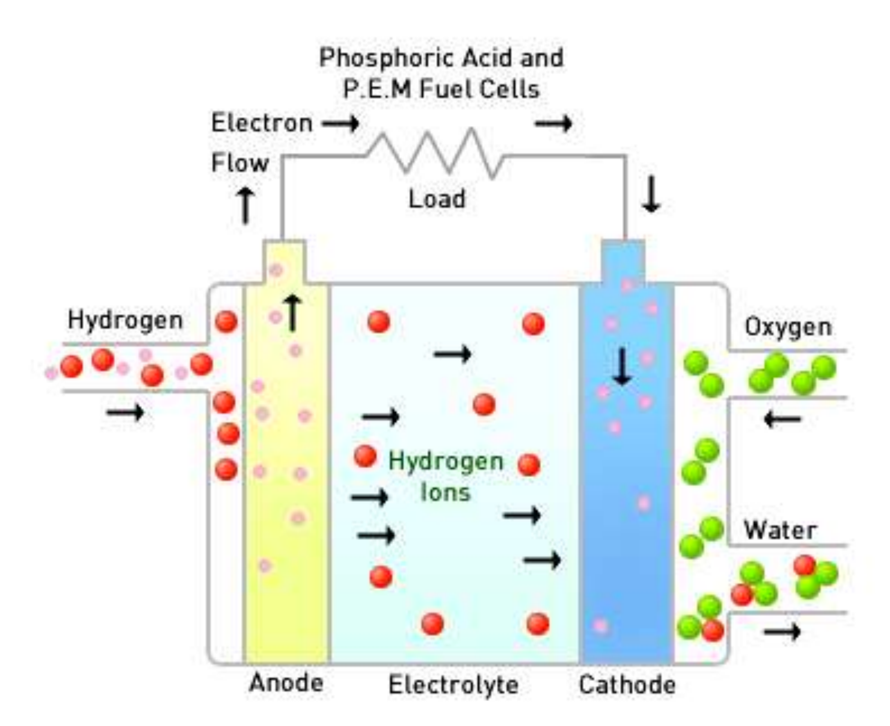
والكربون الناتج عن الوقود الحيوي لا يتمثل فقط بنواتج الاحتراق وإنما يضاف إليه ما هو صادر عن النبات خلال دورة نموه. لكن الجانب الايجابي من الموضوع هو أن النبات يستهلك ثاني أوكسيد الكربون في عمليات البناء الضوئي في النباتات ومن هنا أتى ما يسمى بتعديل الكربون أو» محايدة الكربون». ومن الواضح أيضا أن قطع الأشجار في الغابات التي نمت منذ مئات أو الاف السنين، لاستخدامها كوقود حيوي، دون أن يتم استبدالها لن يساهم في الاثر المحايد للكربون. ولكن يعتقد الكثير أن السبيل الي الحد من زيادة كمية ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي هو استخدام الوقود الحيوي لاستبدال مصادر الطاقة غير المتجددة.

٣-٧ الهيدروجين كمصدر للطاقة:

طاقة الهيدروجين هي طاقة حرارية تنتج عن تفاعل الاتحاد الكيميائي بين الهيدروجين والأكسجين لتكوين الماء في خلايا الوقود المستخدمة لتوليد الكهرباء. حيث أن الهيدروجين لا ينتج عند احتراقه أي انبعاثات ضارة للبيئة، بل إن الانبعاثات الصادرة عنه هي كل ما نسعى إليه مثل الكهرباء أو الحرارة أو الماء النقي.

وخلية الوقود أو خلية الطاقة تُنتج الكهرباء من خلال تفاعل كيميائي باستخدام الهيدروجين والأوكسجين. فهذه الخلية الكهروكيميائية تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية عن طريق تزويد الخلية بغازي الأكسجين والهيدروجين باستمرار. والتيار الكهربي الناتج يعمل على تشغيل محرك كهربي يمكن أن يستخدم في مجالات كثيرة خاصة السيارات. أي أن عددا كبيرا من سيارات المستقبل سوف تسير بغاز الهيدروجين بدلاً عن البنزين. وتوجد أنواع متعددة من خلايا الوقود والتي يمكن تصنيفها حسب نوع الأقطاب ودرجة الحرارة التي تعمل عليها.

وتعتبر تقنية استغلال الهيدروجين لإنتاج الطاقة الكهربائية من أحسن وسائل توليد الطاقة حفاظا على البيئة حيث لا ينتج عنها إلا التيار الكهربائي والماء. لهذا تحظي تلك التقنية الجديدة باهتمام كبير نحو تطويرها وتسخيرها في تسيير السيارات وإمداد المنازل بالتيار الكهربائي. وقد بدأت شركات كبيرة لصناعة السيارات في إنتاج سيارات صغيرة وتعرضها في الأسواق. وبدلاً من شحنها بالبنزين أو الديزل يمكن شحنها حوالي ٤ كيلوجرام من الهيدروجين تكفيها للسير مسافة نحو ٤٠٠ كيلومتر. **وشكل (٣-٣٥)** يعرض نموذج لخلية الهيدروجين.



شكل (٣-٣٥) نموذج لخلية الهيدروجين

الفصل الرابع :الطاقة و المناخ

٤-١ الغلاف الجوي:

يعتبر كوكب الأرض كوكباً فريداً ليس فقط ضمن كواكب المجموعة الشمسية أو في مجرة درب التبانة فقط بل يمكن أن يكون في الكون بأسره. وهناك العديد من الأسباب وراء هذا التفرد، فكوكب الأرض هو الكوكب الوحيد الذي نعرفه ويحمل جميع مقومات الحياة البشرية من هواء وماء ونبات إضافة إلى ذلك فان بعده المناسب عن الشمس يوفر ضوءً وحرارة مناسبتين للحياة. كما يوفر دوران الأرض حول الشمس وحول نفسها، بسرعات متناسبة واختلاف الفصول الأربعة وتعاقب الليل والنهار مما يسبب تنوعاً في ظروف الحياة بطريقة تحافظ على مقومات الحياة على سطح الأرض. وكما أن وجود غلاف جوي حول الأرض بخصائص ومميزات فريدة مقارنة بالأغلفة الجوية المحيطة بكواكب المجموعة الشمسية يعتبر من أهم المميزات الفريدة والمهمة لكوكب الأرض.

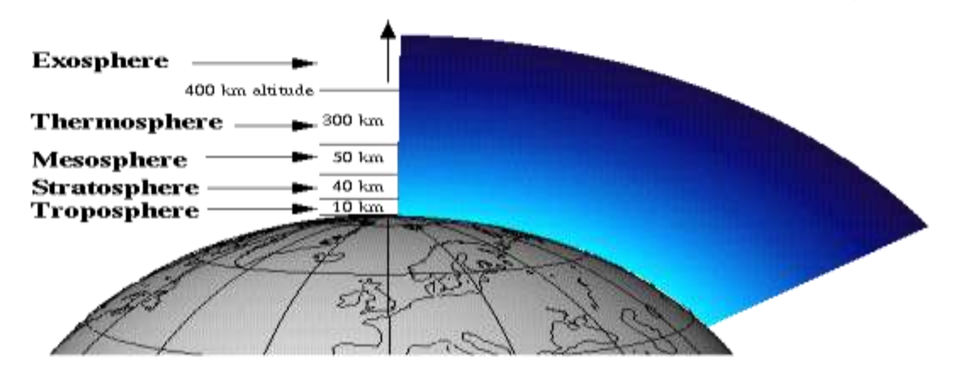
يتكون الغلاف الجوي من خليط من الغازات تنقسم إلى قسمين أساسيين، الغازات الأساسية أو النشطة وهي الغازات التي تدخل مباشرةً في التفاعلات الحيوية على الأرض وهذه الغازات هي غاز النيتروجين ونسبته ٧٨% من مجموع الغازات الموجودة وغاز الأكسجين ونسبته ٢١% وغاز ثاني أكسيد الكربون ومجموعة أخرى من الغازات بنسب ضئيلة.

أما القسم الثاني فهي الغازات النادرة أو الخاملة والتي نادراً ما تدخل في التفاعلات الحيوية ومن هذه الغازات غاز الميثان والارجون والهليوم والهيدروجين والأوزون.

بالإضافة إلى الغازات السابقة فان الغلاف الجوي يتكون من بعض المركبات الكيميائية المهمة مثل بخار الماء الذي تختلف نسبته باختلاف المكان والزمان والحرارة والعوامل الجوية المسببة في تغيره، كما يوجد في الغلاف الجوي نسبة من الغبار العالق المكون في الغالب من المعادن والمركبات العضوية الموجودة على سطح الأرض أو تلك التي في النيازك والتي هي عبارة عن جزئيات صغيرة جداً ميكروسكوبية من الغبار والتي تعمل على تشتت أشعة الشمس والاحتفاظ بدرجة حرارة الكرة الأرضية.

٤-١-١ طبقات الغلاف الجوي:

تم تصنيف طبقات الغلاف الجوي إلى طبقات مختلفة بناءً على الاختلاف في درجات الحرارة مع الارتفاع عن سطح الأرض. **وشكل (٤-١)** يوضح طبقات الغلاف الجوي.



شكل (٤-١) يوضح طبقات الغلاف الجوي.

٤-١-١-١طبقة التروبوسفير أو الطبقة المناخية Troposphere:

إن كلمة تروبوسفير هي تسمية يونانية فتروبو تعني متغير وسفير تعني الكرة. طبقة التروبوسفير هي الطبقة السفلي من الغلاف الجوي والملاصقة لسطح الأرض تعتبر هذه الطبقة من أهم طبقات الغلاف الجوي الأرضي بالنسبة لجميع أنواع الحياة على سطح الأرض. يبلغ متوسط سمك هذه الطبقة فوق سطح الأرض حوالي ١٠ كيلومتر. وبالرغم من صغر سمك طبقة التروبوسفير مقارنة بسمك الغلاف الجوي فإن حوالي ٧٥ % من كتلة ومادة الغلاف الجوي الأرضي توجد في هذه الطبقة. ويختلف سمك هذه الطبقة بين خط الاستواء والأقطاب وذلك بسبب الاختلاف في درجات الحرارة في هاتين المنطقتين. وتعتبر طبقة التروبوسفير هي الطبقة الفعالة في تغيرات المناخ، حيث يطلق عليها الطبقة المناخية لأنه يحدث بها جميع الظواهر الجوية كالضباب والغيوم والأمطار والعواصف الرعدية والعواصف الرملية وكذلك حدوث تقلبات المناخ والطقس وما يتبع ذلك من رطوبة وحرارة وضغط. وتحتوي طبقة التروبوسفير أيضا على معظم بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي لذلك فهذه الطبقة من أهم طبقات الغلاف الجوي.

يبلغ متوسط درجة حرارة سطح الأرض في أسفل هذه الطبقة حوالي ١٥ درجة مئوية. وتتميز طبقة التروبوسفير بانخفاض في درجة حرارتها مع الارتفاع بمعدل ٦ درجات مئوية لكل كيلومتر حيث يقل معدل التناقص هذا إلى ارتفاع ٢٥ كيلومتر إلى أن يتوقف هذا التناقص تماماً على ارتفاع حوالي ١٠ كيلومتر والتي هي الحد الفاصل بين طبقة التروبوسفير والطبقة التي تليها وهي طبقة الستراتوسفير ويعرف هذا الفاصل بطبقة التروبوبوز حيث تروبو تعني تغير، بوز تعني الاستقرار، أي طبقة وقف التغيرات حيث تعرف طبقتي التروبوسفير والتروبوبوز لدي العلماء بالغلاف الجوي السفلي.

ويعتبر احتباس الأشعة الشمسية التي تصل إلى الأرض أو ما يعرف بظاهرة البيوت الزجاجية هو مصدر الحرارة والتسخين لطبقة التروبوسفير.

٤-١-١-٢ طبقة الستراتوسفير أو الطبقة الهادئة Stratosphere:

تمتد طبقة الستراتوسفير من ارتفاع ١٠ كيلومتر إلى حوالي ٥٠ كيلومتر فوق سطح البحر بسمك ٤٠ كيلومتر. وتتميز هذه الطبقة بازدياد في درجة الحرارة بشكل عام من حوالي ٦٠ درجة مئوية تحت الصفر في طبقة التربوبوز إلى حوالي صفر درجة مئوية في أعلى الستراتوسفير وهي طبقة الستراتوبوز. وتتميز طبقة الستراتوسفير بالاستقرار التام في جوها حيث ينعدم فيها بخار الماء وتكون جافة واقل كثافة من التروبوسفير، كما تخلو من الظواهر الجوية كالغيوم والضباب والعواصف والأمطار. لذا فإن الطيران في هذه الطبقة يعد مثالياً ومريحاً للطائرات. وتحتوي طبقة الستراتوسفير على مجموعة من الغازات التي تكون بصورة ذرية أو جزئية أو مركبات غازية. في أعلى الستراتوسفير يوجد طبقة غاز الأوزون والتي لها دور كبير في امتصاص الأشعة الفوق البنفسجية القادمة من الشمس وحمايتنا من مخاطرها. وتفصل طبقة الستراتوبوز هذه الطبقة عن الطبقة التي تليها وهي الميزو سفير.

٤-١-١-٣ طبقة الأوزون Ozone:

تتواجد طبقة الأوزون على ارتفاع حوالي ٣٥ كيلو متر من سطح الأرض أي في الجزء الأعلى من الستراتوسفير، ويبلغ متوسط سمك طبقة الأوزون حوالي ٢٠ كيلومتر. ويعتبر غاز الأزون O_3 من أهم مكونات طبقة الستراتوسفير. وتكون طبقة الأوزون اقل سمكاً في المناطق الاستوائية وتكون أكثر كثافة باتجاه قطبي الأرض. وينتج غاز الأوزون من اتحاد الأكسجين الجزئي O_2 الموجود في طبقة الستراتوسفير مع الأكسجين الذري O الناتج من تفكك الأكسجين الجزيئي عن طريق الأشعة الفوق البنفسجية. وطبقة الأوزون تمتص الإشعاعات الشمسية الفوق بنفسجية ولا تسمح إلا بنفاذ جزء صغير منها ولولا ووجود طبقة الأوزون لكانت شدة الإشعاعات مهلكة لجميع من في الأرض.

٤-١-١-٤ طبقة الميزوسفيرأوالطبقةالوسطي Mesosphere:

وهي الطبقة التي تلي طبقة الستراتوسفير وتمتد من ارتفاع ٥٠ كيلومتر إلي حوالي ١٠٠ كيلومتر فوق سطح البحر اي بسمك حوالي ٥٠ كيلومتر. وتتميز هذه الطبقة بتناقص مضطرب في درجات الحرارة مع الارتفاع حتى تصبح الحرارة في أعلي هذه الطبقة منخفضة جداً حوالي ١٠٠ درجة مئوية تحت الصفر والتي تعتبر أقل درجة حرارة في الغلاف الجوي في أعلي هذه الطبقة. في طبقة الميزوسفير يتم احتراق الأجسام والأحجار الكونية القادمة من الفضاء إلي الأرض والتي تصل إلي سطح الأرض على هيئة نيازك صغيرة نسبياً فتحترق على شكل شهب.

وتصل كثافة الغلاف الجوي في هذه الطبقة حوالي **0.0007**% من كثافة الغلاف الجوي عند سطح الأرض وهذه الكثافة هي في حقيقة الأمر متغيرة نتيجة المتغيرات التي تحصل في هذه الطبقة بسبب التغير في النشاط الشمسي. تفصل طبقة الميزيوبوز طبقة الميزوسفير عن الطبقة التي تليها وهي الأيونوسفير ويطلق العلماء على منطقة الستراتوسفير والميزوسفير مع الستراتوبوز والميزيوبوز الغلاف الجوي الأوسط.

٤-١-١-٥ طبقة الثرموسفير أو الطبقة الحرارية Thermosphere :

الطبقة الخامسة من الغلاف الجوي هي طبقة الثرموسفير وترتفع فوق سطح البحر من ١٠٠ كيلومتر إلى ارتفاع ٥٠٠ كيلومتر فوق سطح البحر. ولا يوجد بينها وبين الطبقة الجوية التي تليها حد حراري، ولذلك تحدد قمتها بحد ثرموبوز على أساس تركيبها الغازي. تثبت درجة حرارتها عند درجة الحرارة ٩٣ درجة مئوية تحت الصفر لعدة كيلومترات في أسفلها ثم تتزايد تدريجياً مع الارتفاع خلالها، إذ تبلغ نحو ٧٠٠° مئوية عند ارتفاع ٦٠٠ كيلو متر لكنها قد تناهز ٢٠٠٠° مئوية عندما تكون الشمس نشيطة وتظل درجة الحرارة على وضعها حتى نهاية المتكور الحراري وخلال الطبقة الجوية التي تليها. ويكون الهواء رقيقا في هذه الطبقة، وتحدث ظاهرة الشفق القطبي الأورورا **aurora** أي الأنوار التي تظهر في القطب الشمالي والقطب الجنوبي. وتقع محطة الفضاء الدولية في هذه الطبقة.

٤-١-١-٦طبقةالايونوسفير أو الطبقةالمتأينة Ionosphere :

وتقع هذه الطبقة خلال طبقة الثرموسفير. وتمتد طبقة الايونوسفير من ارتفاع حوالي ١٠٠ كيلومتر إلى ٣٠٠ كيلومتر فوق سطح البحر أي بسمك يصل بين ٢٠٠ كيلومتر. وسميت هذه الطبقة بالطبقة المتأنية لأنها تحتوي على كميات كبيرة من الأكسجين والنيتروجين المتأين. والسبب الرئيسي في تأين مكونات هذه الطبقة هو امتصاص غازات طبقة الايونوسفير للأشعة السينية والأشعة الفوق البنفسجية القادمة ضمن الإشعاع الشمسي حيث تعمل هذه الأشعة على تحرير إلكترونات المستوى الخارجي لذرات هذه الغازات وتركها في حالة أيونات.

وتتميز هذه الطبقة بارتفاع درجة حرارة الهواء في قسمها السفلي ثم تنخفض بالتدريج مع الارتفاع إلى أعلى النهايات العليا للطبقة ووجود عدد كبير من الإلكترونات والأيونات في هذه الطبقة جعل هناك إمكانية في أن تكون طبقة الايونوسفير طبقة عاكسة لموجات الراديو و اللاسلكي الطويلة التي يزيد طولها الموجي عن ١٥ متر ، الأمر الذي يساعد على إرسال إشارات الراديو من مكان إلى أخر على سطح الأرض فلو لم تكن هناك طبقة الايونوسفير في الغلاف الجوي الأرضي لتعذر الاتصال اللاسلكي بالأمواج الراديوية ولانطلقت هذه الأمواج ونفذت إلى الفضاء الخارجي.

تختلف درجة التأين في طبقة الايونوسفير من ارتفاع إلى آخر من يوم لأخر ومن شهر إلى شهر ومن فصل إلى فصل، والسبب في هذا الاختلاف هو ارتباط تكون طبقة الايونوسفير بالشمس وما يحدث بها من تهيجات وهدوء. وهذا التغير في أحوال الشمس هو أيضا السبب في التشويش أو الانقطاع أحيانا في إرسال أو استقبال الموجات اللاسلكية والراديوية على سطح الأرض وبناءً عليه يمكن تقسيم طبقة الايونوسفير إلى مجموعة طبقات طبقا للاختلاف في درجة تأينها.

٤-١-١-٧ طبقة الإكسوسفيرأو الطبقة الخارجية Exosphere:

طبقة الإكسوسفير هي الطبقة الأخيرة الخارجية من الغلاف الجوي. وتمتد طبقة الإكسوسفير مرتفعة فوق طبقة ثيرموسفير من الثرموبوز وحتى نهاية الغلاف وتصبح جزيئات الهواء نادرة الوجود في طبقة الإكسوسفير إلى حد إنها تعد غير موجودة.

٤-١-٢ أهمية الغلاف الجوي :

يعتبر وجود الغلاف الجوي حول الأرض عاملاًً أساسيا ومهماً جداً في نشأة الحياة على الأرض. فالغلاف الجوي بمكوناته الغازية يوفر المواد الأساسية اللازمة للحياة كالأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون وغاز النيتروجين الذي يعتبر حجر الأساس في كل صور الحياة الموجودة على سطح الأرض، كما أن هناك غازات ومركبات كيميائية أخرى مهمة تدخل بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في معظم أنشطة الإنسان على سطح الأرض.

وتتسبب حركة الغلاف الجوي سواء على مستوى الكرة الأرضية أو على المستوى الإقليمي المحدود في حدوث الكثير من الظواهر الطبيعية مثل تجانس مكونات الهواء وتكون السحب والمطر وهبوب الرياح، وكذلك حفظ كوكب الأرض من التغييرات الكبيرة والمفاجئة في درجات الحرارة.

بالإضافة إلى ما سبق فأن الغلاف الجوي الأرضي يعمل على حمايتنا من الأشعة الشمسية الضارة كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية الصادرة والمنطلقة من الشمس بصفة مستمرة، وكذلك الأشعة الكونية القادمة من الفضاء الخارجي والتي لولا إرادة الله تعالى بخلق غلاف جوي حول الأرض لأنهت هذه الأشعة جميع أنواع الحياة البشرية الممكنة على سطح الأرض. والأهم من ذلك كله أن الغلاف الجوي يشكل سقفاً فوق الأرض يعمل على حمايتها من النيازك الكونية التي تحترق في أعلى الغلاف الجوي وتظهر على هيئة شهب لامعة.

٤-٢ المناخ:

المناخ مجمل حالة الطقس في منطقة ما لفترة طويلة من الزمن. يصف علماء المناخ حالة المناخ على أساس درجات الحرارة والأمطار والثلوج والرطوبة والرياح وغيرها من المظاهر الجوية. كذلك يصف العلماء التغيرات التي تطرأ على المناخ من سنة لأخرى وتتسبب في الفترات الرطبة والفترات الجافة. فقد يتغير الطقس من يوم لآخر وقد يكون اليوم عاصفاً وبارداً بينما يكون اليوم التالي مشرقاً ودافئاً.

ولتحديد المناخ في منطقة معينة، يعتمد العلماء على دراسة الأحوال اليومية للطقس ولمدة طويلة تستغرق عدة سنوات. ولكل منطقة على سطح الأرض، مهما تضاءلت مساحتها، مناخها الخاص. وقد تشترك أقطار متباعدة في مناخ مماثل، وقد يختلف المناخ أيضًا بين منطقة جبلية مرتفعة وأخرى منخفضة مجاورة لها. ويختلف المناخ أيضاً بين المدينة وضواحيها.

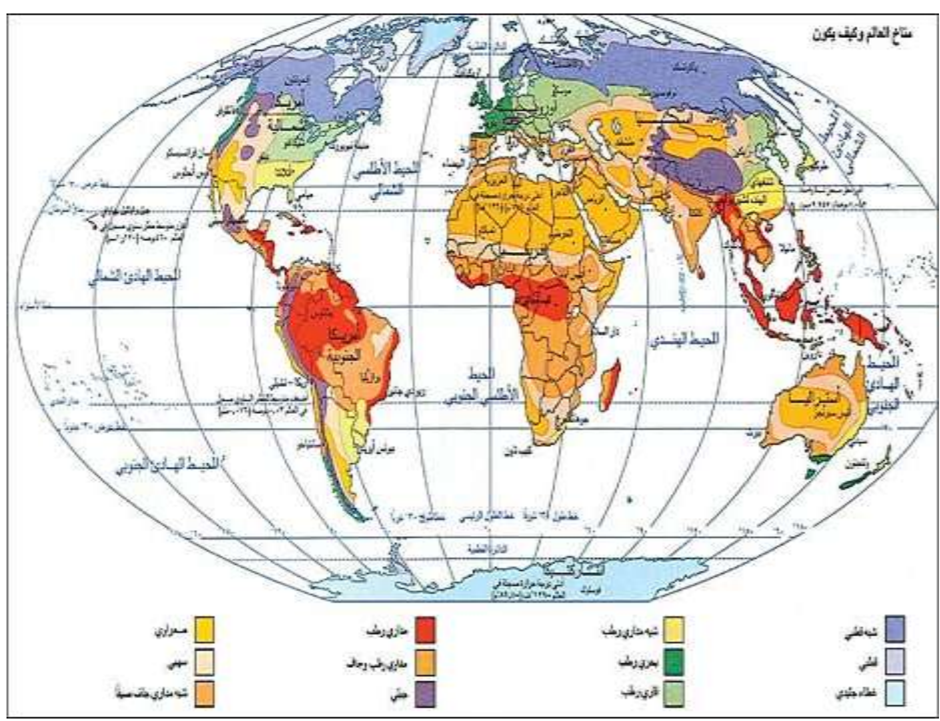
٤-٢-١ تصنيف المناخ:

أوجد علماء المناخ أنظمة كثيرة لتصنيف المناخ، إلا أن معظم الباحثين يركزون على اثني عشر نمطاً، وهي:

١-المناخ المداري الرطب.
٢-المناخ المداري الرطب والجاف.
٣-المناخ الجبلي.
٤-المناخ الصحراوي.
٥-المناخ السُّهبي (شبه القاحل).
٦-المناخ شبه المداري الجاف صيفًا.
٧-المناخ شبه المداري الرطب.
٨-المناخ المحيطي الرطب.
٩-المناخ القاري الرطب.
١٠-المناخ شبه القطبي.
١١-المناخ القُطبي.
١٢-الغطاء الجليدي.

إلا أنك لن تجد في الخريطة أي بيان للفروق داخل النمط الواحد من المناخ. مثلاً، نُلاحظ أن مدينتين شاطئيتين هما سيدني في أستراليا وولنجتون في نيوزيلندا تخضعان لنظام مناخي واحد هو شبه المداري الرطب حيث تمتاز هاتان المدينتان بوجه عام بمناخ دافئ إلى حار في فصل الصيف رطب في فصل الشتاء وممطر طوال العام. ولكن هناك بعض الفروق بين المناخ في الشواطئ الجنوبية الشرقية من أستراليا وبين المناطق الساحلية في نورث آيلاند.

بالإضافة إلى وصف وتصنيف المناخ، يجتهد علماء المناخ في معرفة الأسباب التي تجعل المناخ يختلف من مكان لآخر. وقد توصلوا إلى بعض الحقائق، منها: ١-الاختلاف في خط العرض، ٢-الاختلاف في الرطوبة الجوية، ٣-الاختلاف بين درجة حرارة اليابسة والماء، ٤-الاختلاف في شكل سطح الأرض. وشكل (٤-٢) يعرض خريطة توزيع المناخ في العالم.



شكل (٤-٢) توزيع المناخ في العالم

٤-٢-٢ الاختلاف في خط العرض:

يؤثر هذا الاختلاف في المناخ بطرق شتى، أهمها أن الأماكن البعيدة عن خط الاستواء تستقبل كميات متفاوتة من الطاقة الشمسية، لأن زاوية أشعة الشمس تختلف بحسب بُعدها عن خط الاستواء. ففي المناطق المدارية القريبة من خط الاستواء، أي بين مدار السرطان ومدار الجدي، تصل أشعة الشمس شبه عمودية إلى سطح الأرض طوال العام. وهذه الأشعة مصدر قوي لتوليد الطاقة وارتفاع درجة الحرارة في معظم المناطق القريبة من خط الاستواء.

أما في المناطق القطبية شمالي وجنوبي خط الاستواء فإن الشمس لا ترتفع على خط الأفق إلا قليلاً، حيث يحدث مَيْل في الأشعة الشمسية وتصير أقل تركزاً من الأشعة المباشرة العمودية وأقل حرارة على سطح الأرض. وذلك ما يُفسر برودة المناخ في المناطق القطبية. وفي مناطق العرض الوسطى، تكون كمية الأشعة أكبر في فصل الصيف عنها في فصل الشتاء. ويلاحظ طول النهار وقصر الليل في الصيف، والعكس يحدث في الشتاء. وهذا ما يزيد من المُفارقات الفصلية في درجات الحرارة. وتمتد مناطق العروض الوسطى بين الدائرة القطبية الشمالية وبين مدار السرطان في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وبين الدائرة القطبية الجنوبية ومدار الجدي في النصف الجنوبي.

وتتأثر المناطق البعيدة عن خط الاستواء بشتى أنواع الرياح، لأن الرياح تنشأ عن الاختلاف في درجة حرارة الجو حول الأرض، فترتفع الرياح الدافئة وتنتشر، ثم تهب رياح لتحل محلها، وتنشأ حركة في كل الجهات، حيث تنطلق الرياح من الشرق إلى الغرب في النطاق المداري، ويحدث خلاف ذلك في العروض الوسطى. وقد تكون هذه الرياح متغيرة الاتجاهات، كما هو الحال في المناطق القريبة من المناطق القطبية. ولأن الرياح تحمل معها الحرارة والرطوبة، فإن آثارها تظهر على أحوال الطقس من تساقط وحرارة ورطوبة وسحب. ولذلك، فإن المناطق التي تهُب فيها الرياح من اتجاهات مختلفة قد يسودُ فيها أكثر من نظام مناخي واحد.

٤-٢-٣ الاختلاف في الرطوبة الجوية:

يؤثر التفاوت في الرطوبة كذلك في المناخ. ففي المناطق الحارة قرب خط الاستواء، يمتص الهواء الرطوبة من مياه المحيطات الدافئة، وتحملها الرياح إلى اليابسة، حيث تسقط أمطاراً. وهكذا فإن المناطق الممطرة هي القريبة من خط الاستواء، وكذلك المناطق التي تهُب فيها الرياح من جهة البحر. ويقل التساقط في المناطق القطبية حيث مياه البحر باردة، وكذلك في المناطق الداخلية البعيدة عن البحر.

٤-٢-٤ الاختلاف بين درجة حرارة اليابسة والماء:

قد يختلف المناخ في بقعتين على نفس خط العرض، إذا كانت إحداهما داخلية والأخرى ساحلية. ذلك لأن المناطق الداخلية أكثر حرارة من المناطق الساحلية، والماء في البحر يبرد أو يدفأ ببطء قياسًا مع اليابسة. ففي الصيف ترتفع الحرارة في المناطق الداخلية أكثر منها على السواحل التي يتحكم فيها هواء البحر. وفي فصل الشتاء يهب من البحر هواء دافئ فوق المناطق الساحلية، فلا تنخفض الحرارة هنا بقدر ما يحدث في المناطق الداخلية. وتعمل البحيرات عمل المحيط في تأثيرها على المناخ.

فمدينة بيرجن على الساحل الجنوبي الغربي للنرويج تقع على بعد ٢١١٥ كيلومتر شمال مدينة أوماها في داخل الولايات المتحدة الأمريكية. ولأن المدينة النرويجية أبعد من الأخرى عن خط الاستواء فقد يظن البعض أنها أكثر برودة وجفافًا منها. غير أن هواء المحيط الدافئ الممتد شمالاً من تيار الخليج، يكيف معدل الحرارة في بيرجين على مستوى أعلى من المعدل في أوماها الأمريكية في شهر يناير وأكثر انخفاضًا في شهر يوليو. كما تسهم الرياح المحيطية الرطبة لمدينة بيرجين بمعدل تساقط سنوي يبلغ ٢٠٥ سم من الأمطار، بينما يبلغ معدل التساقط في مدينة أوماها **6** سنتيمتر فقط.

٤-٢-٥ الاختلاف في شكل سطح الأرض:

يؤدي اختلاف طبيعة سطح الأرض، إلى اختلافات في الخصائص المناخية. فكلما ارتفع الهواء وتمدد انخفضت درجة حرارته، كما أن الهواء البارد يحتفظ بكميات من الرطوبة أقل مما يحتفظ به الهواء الدافئ. وهكذا فإذا هبت الرياح فوق منطقة جبلية، فإنها تبرد وتفقد جزءًا من رطوبتها. ولهذا، فإننا نجد المناطق الجبلية أشد برودة وأقل رطوبة من المناطق المنخفضة. وإذا كان سفح الجبل في اتجاه الرياح الرطبة، كانت المنطقة معرضة للأمطار بنسبة أكبر.

تخضع المناطق المرتفعة للنظام المناخي الجبلي وهو نظام يصعب تحديده . ويؤثر هذا النظام في المناطق المتاخمة له وفقًا لما يلي: ١-الاختلاف في الارتفاع ٢-موقعها من اتجاه الرياح. وكما أن المرتفعات تؤثر على المناخ في المناطق المنخفضة. ففي الجزر البريطانية مثلاً، تسقط التيارات الهوائية الغربية الرطبة معظم رطوبتها على المرتفعات الغربية. وحينما تمر هذه الرياح الرطبة فوق المنخفضات الشرقية، فإنها تصبح دافئة وجافة. وعمومًا، تسقط الأمطار في مرتفعات إيرلندا وبريطانيا بمعدل ٢٠٠ سم سنويًا، مقابل ٧٦سم في السهول الشرقية.

كذلك يحدث الاختلاف في نظام المناخ في وسط بقعة صغيرة مُسطحة، إذا حدث فيها تغير ولو ضئيل في سطح الأرض. كما أن وسط المدن الكبرى أكثر دفئاً من ضواحيها، بسبب الحرارة المنبعثة من السيارات ومن أجهزة التدفئة في المنازل. وبالإضافة إلى ذلك تمتص الأرصفة والجدران كميات من الطاقة الشمسية وتُرسلها لتدفئ طبقات الهواء السُّفلى. وفي النصف الشمالي من الكرة الأرضية، يكون المناخ أشد برودة في المنحدرات الشمالية المتجهة نحو القطب، منه في المنحدرات الجنوبية المتجهة نحو خط الاستواء.

٤-٣ تغير المناخ:

تحدث التغييرات في المناخ عبر السنين والأحقاب. ففي أمريكا الشمالية، مثلاً، كان المناخ في الستينيات والسبعينيات أشد برودة منه في الثلاثينيات والأربعينيات. والسبب في ذلك راجع إلى الأنماط المناخية الباردة التي أخذت تنتشر في العالم كله في أواخر الأربعينيات. ويعتقد علماء المناخ أن مناخ أمريكا الشمالية أكثر دفئاً مما كان عليه قبل خمسة عشر ألف عام. فالمناطق التي نطلق عليها اليوم اسم كندا وشمالي الولايات المتحدة الأمريكية، كانت تغطيها الثلوج في ذلك العهد.

والتغيرات في المناخ، ترجع إلى عدة أسباب، منها الاختلاف في كميات الطاقة التي تطلقها الشمس، أو تغير مدار الأرض حول الشمس، حيث تنتج عن ذلك اختلافات في كمية الحرارة التي تستقبلها الأرض. والغبار البركاني يُحدث تأثيرًا شديدًا عند تفجر البراكين، حيث تصب كميات هائلة من هذا الغبار في الجو وتعلق به سنين عديدة، مما يؤدي إلى تشتت أشعة الشمس، وبذلك تضعف حدة الحرارة التي تنشرها الشمس على الأرض. وهكذا فإن تفجر البراكين، له أثره على البيئة المناخية. كما تنطلق في الجو جسيمات دقيقة من جراء الأنشطة الاقتصادية كالزراعة والصناعة، فيكون لها الأثر نفسه على نمط المناخ.

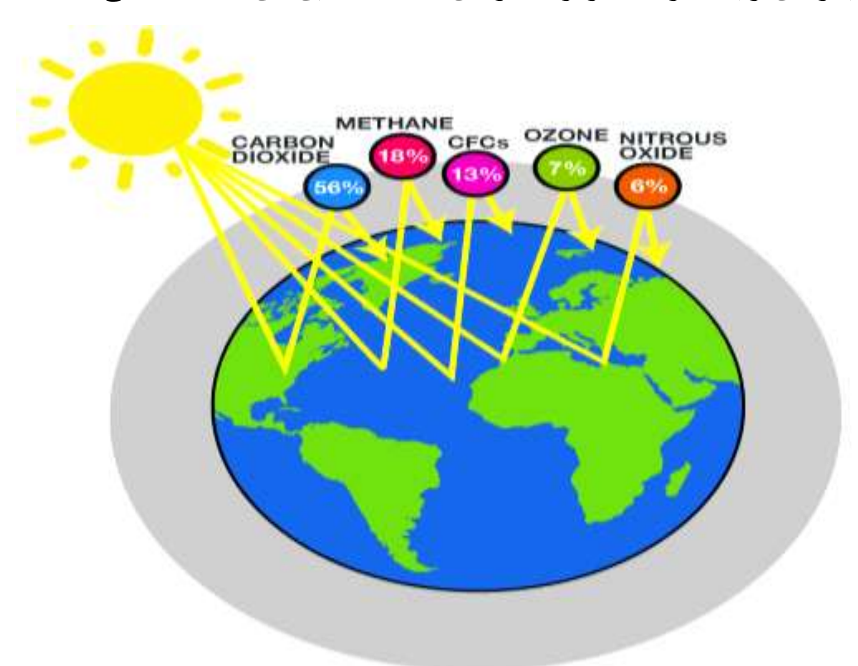
والسبب الرئيسي في تغير مناخ الأرض هو تأثير الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون الذي يتكون في الهواء إثر عمليات الحرق في البيوت وفي المصانع. فهذا الغاز يسمح بمرور أشعة الشمس نحو الأرض، لكنه يحجب قدرًا من حرارة سطح الأرض من التسرب خارج الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة بالقرب من سطح الأرض وهو ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري.

وعلى الرغم مما طرأ في الأربعينيات على النظام العام للمناخ من برودة على مستوى الأرض كلها، إلا أن بعض المناطق أصبحت أكثر دفئًا، ومناطق أضحت رطبة وأخرى أكثر جفافًا. وتغير المناخ هو أي تغير مؤثر وطويل المدى في معدل حالة الطقس يحدث لمنطقة معينة. ومعدل حالة الطقس يمكن ان تشمل معدل درجات الحرارة، معدل التساقط، وحالة الرياح. ولقد أدى تطور حجم الصناعة وكذلك ضخامة عدد السيارات ووسائل النقل في العالم خلال القرن الماضي وحتى الآن إلى استخراج وحرق مليارات الاطنان من الوقود الاحفوري لتوليد الطاقة. هذه الأنواع من الموارد الاحفورية أطلقت غازات تحبس الحرارة كثاني أوكسيد الكربون وهذه الغازات من أهم أسباب تغير المناخ. وتمكنت كميات هذه الغازات من رفع حرارة الكوكب إلى ١,٢ درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية. ولابد ان يحاول العالم تجنب العواقب الاسوأ من تغير المناخ وارتفاع درجة الحرارة الكلية للأرض ليبقى دون درجتين مئويتين.

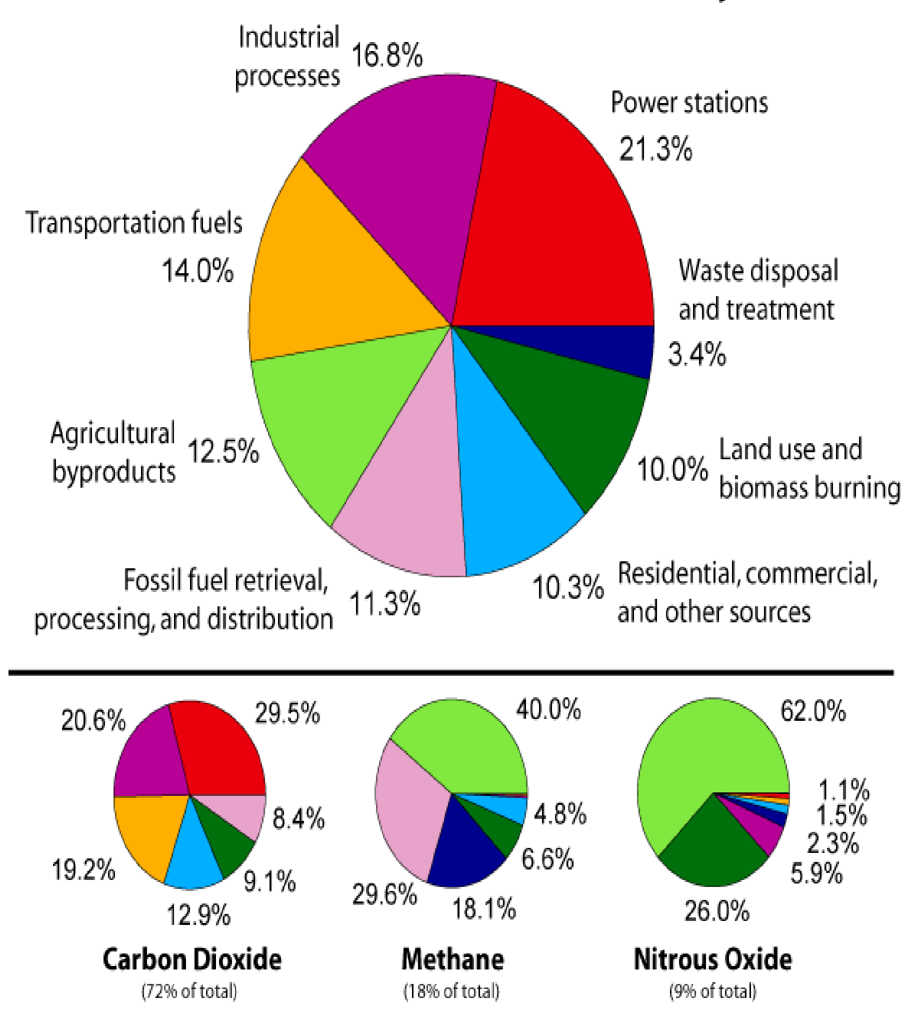
وحيث أن ما حدث ويحدث من سيول وفيضانات وظروف مناخية قاسية ليس بهول ما قد يأتي في المستقبل. فاذا تقاعسنا عن التحرك لكبح سرعة عواقب التغير المناخي سيتفاقم عدد البشر المهددين وسترتفع نسبة الكائنات الحية المعرضة للانقراض.

والغازات الدفيئة الرئيسية المسببة للاحتباس الحراري هي غاز ثنائي أكسيد الكربون ، وغاز الميثان وغازات الكلوروفلوروكربون والأوزون وأكاسيد النيتروجين بالإضافة لبخار الماء.

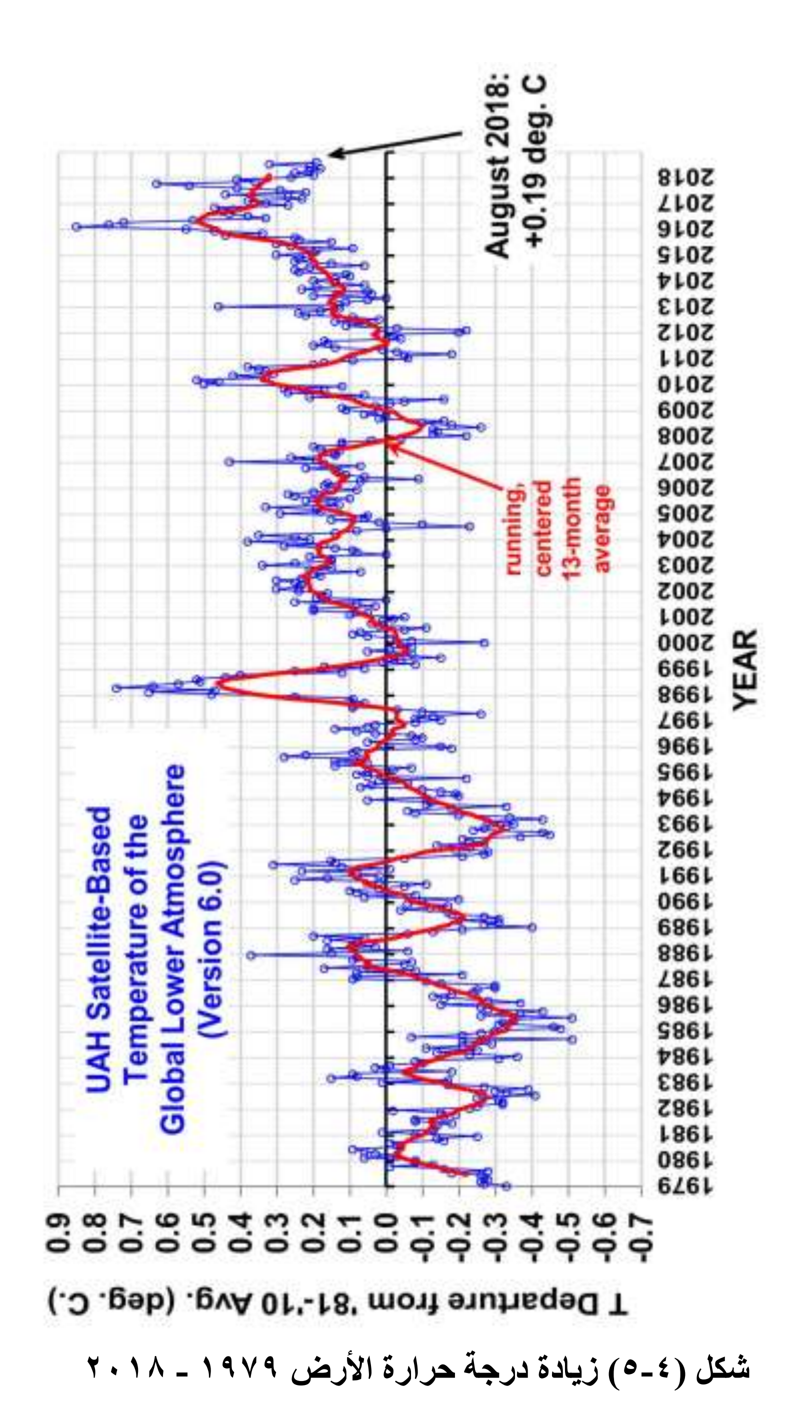
وشكل (٤-٣) يوضح الغازات الدفيئة ونسب تأثيرها في ظاهرة الاحتباس الحراري. و**شكل (٤-٤)** فيبين مصادر ونسب انبعاثات الغازات الدفيئة. أما **شكل (٤-٥)** يعرض زيادة درجة حرارة الأرض خلال السنين من ١٩٧٩ حتى ٢٠١٨.



شكل (٤-٣) الغازات الدفيئة ونسب تأثيرها في ظاهرة الاحتباس الحراري



شكل (٤-٤) مصادر ونسب انبعاثات الغازات الدفيئة



شكل (٤-٥) زيادة درجة حرارة الأرض ١٩٧٩ - ٢٠١٨

وتتمثل الظواهر الحادثة نتيجة زيادة درجة حرارة الأرض في التالي:

- حدوث كوارث زراعية وفقدان بعض المحاصيل.
- احتمالات متزايدة بوقوع أحداث متطرفة في الطقس.
- زيادة حرائق الغابات.
- ازدياد الفيضانات أن أجزاءًا كبيرة من الجليد ستنصهر وتؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر.
- غرق الجزر المنخفضة والمدن الساحلية.
- حدوث موجات جفاف وتصحر مساحات كبيرة من الأرض.
- زيادة عدد وشدة العواصف والأعاصير.
- انشار الأمراض المعدية في العالم.
- انقراض العديد من الكائنات الحية.

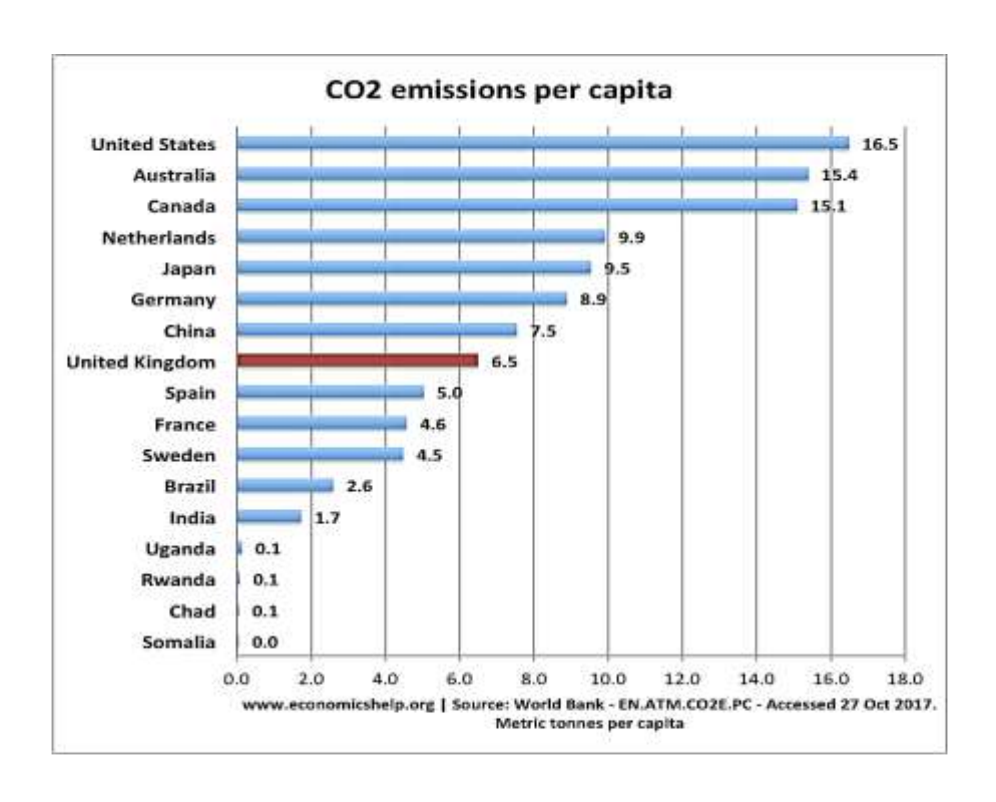
و**شكل (٤-٦)** يعرض صورة للأرض بالقمر الصناعي توضح أعاصير سبتمبر ٢٠١٨.



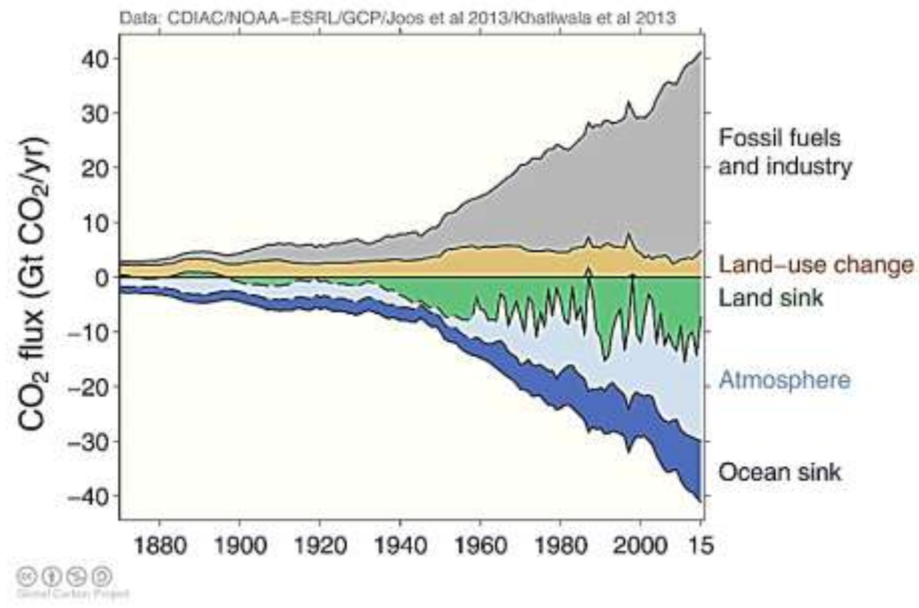
شكل (٤-٦) صورة مأخوذة بالقمر الصناعي للأرض توضح أعاصير سبتمبر ٢٠١٨

وتقوم الغابات بدور كبير في إبقاء كوكبنا بارداً، إذ أنها تقوم بامتصاص ثاني أكسيد الكربون، أحد غازات الاحتباس الحراري الرئيسة المسؤولة عن الاحترار العالمي. والأهم من ذلك أن إزالة الغابات وحرقها يسبب ذلك زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون المنطلق إلى طبقات الجو، وهكذا فإن حماية الغابات في العالم تنهض بدور مزدوج في صراعنا لمعالجة مسألة الاحترار العالمي. ولقد وعدت كافة البلدان الأعضاء في الأمم المتحدة بالإبلاغ عن انبعاث غازات الاحتباس الحراري لديها ووضع خطط للحد منها. وبالنظر إلى أن الغابات تعمل على امتصاص كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون، يتعين على كافة البلدان بالاهتمام والمحافظة على المناطق الخضراء والغابات لديها.

ويتعين على العالم في سبيل الحدّ من الاحترار العالمي، أن يستبدل مصادر الطاقة الملوثة كالفحم والغاز الطبيعي والنفط، حيث أن حرق هذه المواد يطلق آلاف ملايين الأطنان من ثاني أكسيد الكربون إلى طبقات الجو كل عام، بمصادر غير ملوثة كالمصادر المتجددة مثل مثل ضوء الشمس والرياح والهيدروجين والعمل على تغيير محركات السيارات ووسائل النقل الحالية والتي تعمل بمشتقات البترول وتركيب محركات جديدة تعمل بالطاقة الكهربية. ويعدّ الخشب والوقود الحيوي من مصادر الطاقة الحيوية ولكن حرق الخشب كذلك يطلق ثاني أكسيد الكربون ولكن حينما تزرع الأشجار لتعويض الخشب المستخدم كوقود فإنها تقوم بامتصاص ثاني أكسيد الكربون أي أن الكربون يسير في دورة عبر طبقات الجو دون أن يتراكم، وهكذا يعتبر الخشب عديم التأثير على الاحترار العالمي. والحل هو جعل إنتاج حطب الوقود مستداماً. وأحد الأساليب لتخفيض استخدام السماد الملوث للتربة في الزراعة هو تطوير نظم الزراعة في البلدان المختلفة بالوسائل الطبيعية. وهو ما يساعد على تقليل كميات غازات الاحتباس الحراري بأسلوبين أولاً، أن هذه الزراعة تستخدم النباتات في تغطية التربة على مدار السنة، وهذا الغطاء الإضافي للأرض يساعد على امتصاص ثاني أكسيد الكربون وثانياً، أنها تقلل الحاجة إلى الأسمدة مما يحول دون انبعاث أكسيد النيتروز في الجو. و**شكل (٤-٧)** يعرض أعلى الدول في انبعاث ثاني أكسيد الكربون بالنسبة للفرد الواحد. **وشكل (٤-٨)** يوضح معدل غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم المنبعث والممتص منذ عام ١٨٨٠إلى ٢٠١٥.



شكل (٤-٧) أعلى الدول في انبعاث ثاني أكسيد الكربون للفرد الواحد



شكل (٤-٨) معدل CO_2 المنبعث والممتص (١٨٨٠ – ٢٠١٥)

٤-٣-١ عزل ثاني أكسيد الكربون:

عزل ثاني أكسيد الكربون هو عملية دفن غاز ثاني أكسيد الكربون وحقنه في باطن الأرض، ويتم ذلك بعد فصل الغاز واحتجازه في صهاريج عند انبعاثه من محطات توليد الكهرباء. تتم عمليات الفصل والاحتجاز والدفن لغاز ثاني أكسيد الكربون بهدف التخفيف من زيادة حرارة الأرض التي أصبحت تؤرِّق العالم لأنها تهدد مستقبل حياة البشر على الأرض. يتم تخزين ثاني أكسيد الكربون المعزول فيما يسمى بالوعة ثاني أكسيد الكربون.

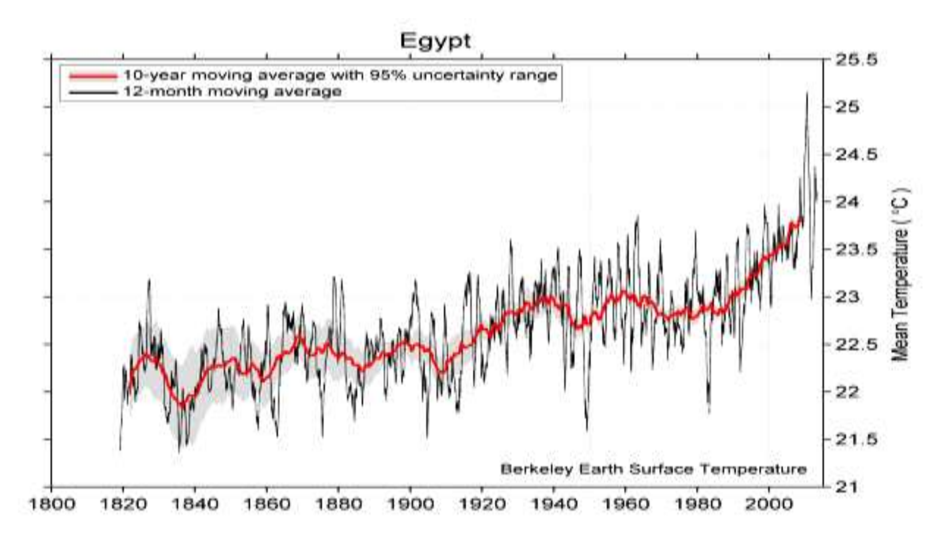
٤-٣-٢ تأثير تغير المناخ على مصر:

تغير المناخ أدى إلي تراجع مستويات هطول الأمطار، وتغير أنماط الطقس، وارتفاع منسوب مياه البحار في دلتا النيل وتدهور الوضع ببطء ولكن باطراد، خاصة في مجال الغذاء والماء. وتأثير نقص الماء والغذاء يظهر على الأحوال الاقتصادية والاجتماعية حيث تحتاج مصر إلى توفير أكثر من مليون فرصة عمل جديدة كل عام لقوتها العاملة المتنامية. فالملايين لا يزالون يعيشون تحت خط الفقر طبقا لتقرير الأمم المتحدة، ويجب على مصر أن ترفع مستوى المعيشة لمن هم في أشد الحاجة إليها.

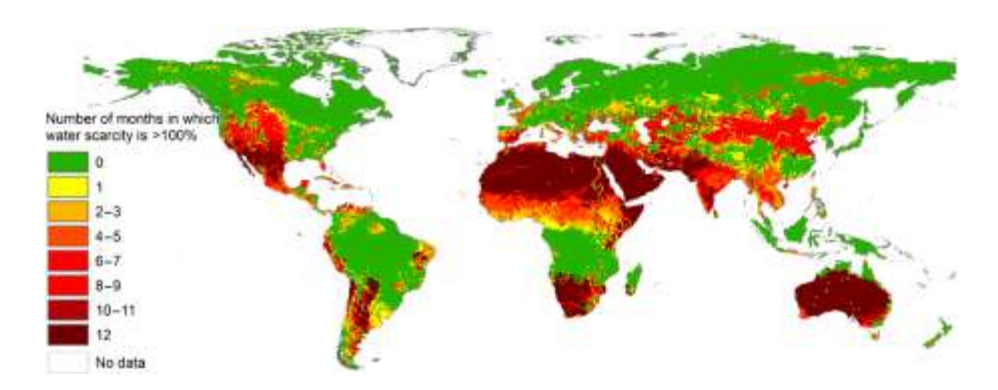
ومصر نموذج لبلد نام معرض بشدة للتغير المناخي ويواجه تهديدات عديدة لاستدامته الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وهذا يسبب ضغوطا جوهرية هائلة على قدرة مصر التنافسية. ويمكن وصف هذه الأزمات أيضا بأنها تهديدات متزايدة للأمن القومي ويمكن أن تتطور إلى حالات أزمات حرجة إذا لم تعالج بسرعة وبصورة حاسمة .وتشمل هذه الضغوط أمن الطاقة ويعد الاستخدام غير المستدام لموارد الطاقة أحد الأسباب الرئيسية للتدهور البيئي وتغير المناخ.

والنتيجة هي ندرة الطاقة وارتفاع أسعار الوقود التي تزيد من الفقر وتضغط الميزانيات الوطنية وكذلك أدت إلى الاتجاه إلى قروض صندوق النقد الدولي وما تبعه من تنفيذ شروط والتزامات زادت معاناة المواطن المصري. ويؤدي الاحترار العالمي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بسبب ذوبان الأنهار الجليدية والثلوج القطبية. ونتيجة لذلك، تنخفض موارد المياه العذبة في العالم في حين تدخل المياه المالحة إلى خزانات تحت الأرض ومصر عرضة بشكل خاص بسبب دلتا النيل على ارتفاع منخفض. وشكل (٤-٩) يوضح زيادة متوسط درجة الحرارة في مصر من عام ١٨٢٠ حتى عام ٢٠٠٠.

وأما شكل (٤-١٠) فيعرض خريطة العالم حسب عدد الشهور في السنة التي بها أزمة مياه.



شكل (٤-٩) زيادة متوسط درجة الحرارة في مصر (١٨٢٠ – ٢٠٠٠)



شكل (٤-١٠) خريطة العالم حسب عدد الشهور في السنة التي بها أزمة مياه

٤-٤ الاتفاقيات الدولية الخاصة بالمناخ:

فيما يلي نستعرض تاريخ الاتفاقيات الدولية الخاصة بالمناخ وأهم البنود التي تم الاتفاق عليها بسبب ظهور تأثيرات ظاهرة الاحترار العالمي وتحذيرات العلماء والهيئات البحثية بخطورة تغير المناخ وتأثيره على كوكب الأرض والبيئات الطبيعية ، وتوصيات مؤتمر البيئة الدولي في سبعينيات القرن الماضي ، أخذت منظمة الأمم المتحدة ذلك في الاعتبار و تم في عام ١٩٨٨ تشكيل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ حيث تم الاتفاق على أن تقوم منظمتان تابعتان للأمم المتحدة وهي المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة بتشكيل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. لكن هذا الفريق لا يجري بحوثه الخاصة به، وإنما تتمثل مهمته في تسليط الضوء لتوضيح الأمور أثناء المداولات السياسية والخلافية بشأن الاحترار العالمي ومسبباته. ويقوم الفريق بإعداد تقديرات تتسم بالشمول والموضوعية والشفافية عن حالة البحوث الدولية بشأن تغير المناخ وأسبابه وتبعاته المتوقعة.

في عام ١٩٩٠ تم صدور التقييم الأول للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ حيث أكد هذا التقييم الأول على أن الاحترار العالمي حقيقة واقعة، وأنه نجم عن تراكم الغازات الدفيئة المنطلقة الى الغلاف الجوي نتيجة للنشاطات التي يقوم بها البشر. وعلى أساس هذا التقييم، دعت الجمعية العمومية للأمم المتحدة الدول الى إجراء مفاوضات للتوصل الى اتفاقية دولية لمعالجة الاحترار العالمي.

في عام ١٩٩٢ وضعت اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المتعلقة بتغير المناخ حيث تصادق البلدان الأعضاء في الأمم المتحدة على هذه الاتفاقية. وتوافقت الدول بموجب هذه الاتفاقية الطوعية على تشارك المعلومات ووضع خطط عمل دولية للحدّ من انبعاثات الغازات الدفيئة. كما توافقت البلدان الصناعية كذلك على مساعدة البلدان النامية من خلال تزويدها بالتقنيات اللازمة لتوليد الطاقة باستخدام مصادر الطاقة المتجددة، إضافة الى مساعدتها على التكيف مع التغيرات البيئية المتوقعة.

في ١٩٩٢ كانت قمة ريو أو قمة الأرض وهي قمة نظمتها الأمم المتحدة بريو دي جانيرو بالبرازيل من أجل البيئة والتقدم. وكان ذلك من **3** يونيو حتى **14**يونيو عام**1992** . وشارك في المؤتمر ١٧٢ حكومة، منها ١٠٨ دول أرسلت رؤساءها أو رؤساء حكوماتها .وحوالي ٢٤٠٠ ممثل لمنظمات غير حكومية و١٧٠٠٠ شخص في المنتدى العالمي للمنظمات غير الحكومية الذي عقد موازيا للقمة وأطلق عليه المركز الاستشاري.

ومؤتمر قمة الأرض في ريو دي جانيرو لم يسبق له مثيل على مستوى مؤتمرات الأمم المتحدة من حيث حجمه ومجال الاهتمام. وبعد مضي عشرون عاماً على أول مؤتمر عالمي عن البيئة، تسعى الأمم المتحدة الى مساعدة الحكومات على إعادة التفكير والتنمية الاقتصادية، وإيجاد السبل الكفيلة لوقف تدمير الموارد الطبيعية وتلوث الكوكب. اتجه مئات الآلاف من الناس العاملين في شتى المجالات إلى ريو دي جانيرو لاتخاذ القرارات الصعبة اللازمة لضمان كوكب صحي للأجيال القادمة .

ورسالة القمة كانت أنه لا شيء أقل من تغيير وتعديل سلوكياتنا وتصرفاتنا والذي نقله ما يقارب من ١٠ آلاف إعلامي وسمعه الملايين في أنحاء العالم. وكانت رسالة القمة تعبر عن مدى تعقيد المشاكل التي تواجهنا مثل الفقر، وكذلك الاستهلاك المفرط لمصادر الطاقة تسبب الضرر المؤكد للبيئة. وسلمت الحكومات بالحاجة إلى إعادة توجيه الخطط والسياسات الوطنية والدولية لضمان أن جميع القرارات الاقتصادية تراعي الآثار البيئية. وللرسالة نتائج مثمرة، الأمر الذي جعل الكفاءة البيئية مسؤولية الحكومات والأنشطة التجارية .

ومن محاور القمة:

- أنماط الإنتاج للمكونات السامة وخاصة إنتاج مثل الرصاص في البنزين أو المواد السامة والنفايات يجب أن يجري فحصها بطريقة منتظمة من الأمم المتحدة والمنظمات الشبه حكومية.
- العثور على مصادر بديلة للطاقة، والاستعاضة عن استخدام الوقود الأحفوري المرتبط بالتغيرات المناخية.
- الاعتماد بشكل أكبر على وسائل النقل العامة لتقليل انبعاثات المركبات والاختنقات المرورية في المدن، والتي تسبب مشاكل صحية ناجمة عن تلوث الهواء أو الضباب والدخان.
- القلق المتنامي والوعي إزاء تنامي مشكلة ندرة المياه.

ولمدة أسبوعين، وتتويجاً لعملية بدأت في ديسمبر ١٩٨٩ للتخطيط والتعليم وإجراء المفاوضات بين جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، بما يؤدي إلى اعتماد جدول أعمال القرن الحادي والعشرين، كعملية واسعة النطاق وتخطيط للعمل على تحقيق التنمية المستدامة عالميا وأطلق الأمين العام للمؤتمر موريس سترونغ على القمة «لحظة تاريخية بالنسبة للبشرية. ومؤتمر قمة الأرض أثر في جميع مؤتمرات الأمم المتحدة لاحقا، والتي بحثت في العلاقة بين حقوق الإنسان والسكان والتنمية الاجتماعية والمرأة والمستوطنات البشرية والحاجة إلى التنمية المستدامة بيئيا .المؤتمر العالمي لحقوق الإنسان الذي عقد في فيينا عام **1993**، فعلى سبيل المثال، أكدت على حق الشعوب في بيئة سليمة والحق في التنمية، والمطالب المثيرة للجدل التي قد اجتمع مع مقاومة من بعض الدول الأعضاء حتى ريو دي جانيرو، الحكومات ١٠٨ ممثلا من رؤساء الدول أو الحكومات.

واعتمدت القمة ثلاث اتفاقيات رئيسية تهدف إلى تغيير النهج التقليدي في التنمية :

- جدول الأعمال للقرن ٢١ ووضع برنامج عمل شامل للعمل العالمي في جميع مجالات التنمية المستدامة.
- إعلان ريو بشأن البيئة والتنمية وهو سلسلة من المبادئ التي تحدد حقوق ومسؤوليات الدول.
- بيان مبادئ الغابات وهو مجموعة من المبادئ التي تقوم عليها الإدارة المستدامة للغابات في جميع أنحاء العالم.

بالإضافة إلى ذلك، تم فتح باب التوقيع على اثنين من الاتفاقيات الملزمة قانونا التي تهدف إلى منع تغير المناخ العالمي والقضاء على تنوع الأنواع البيولوجية، وإعطاء لمحة عالية لهذه الجهود :

- اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.
- اتفاقية التنوع البيولوجي.

جدول أعمال القرن ٢١ يتناول المشاكل الملحة اليوم، ويهدف إلى تحضير العالم لمواجهة تحديات القرن المقبل. وهو يتضمن مقترحات مفصلة للعمل في المجالات الاجتماعية والاقتصادية (مثل مكافحة الفقر وتغيير أنماط الإنتاج والاستهلاك، ومعالجة التحولات الديموجرافية)، ولحفظ وإدارة الموارد الطبيعية التي هي أساس الحياة بحماية الغلاف الجوي والمحيطات والتنوع البيولوجي، ومنع إزالة الغابات، وتعزيز الزراعة المستدامة على سبيل المثال .

وقد وافقت الحكومات على أن التكامل بين البيئة والشواغل الإنمائية سيؤدي إلى تلبية الاحتياجات الأساسية، وتحسين المعايير للجميع، وتحسين حماية النظم البيئية وإدارتها على نحو أفضل وأكثر أمانا ومستقبل أكثر ازدهارا .تنص الديباجة على أن »ليس هناك أمة تستطيع تحقيق هذا من تلقاء نفسها. معا يمكننا إقامة شراكة عالمية من أجل التنمية المستدامة .

وبرنامج العمل أوصى أيضا بسبل تعزيز الدور الذي تقوم به المجموعات الرئيسية: النساء، ونقابات العمال والمزارعين والأطفال والشباب، والشعوب الأصلية، والأوساط العلمية، والسلطات المحلية وقطاع الأعمال والصناعة والمنظمات غير حكومية في تحقيق التنمية المستدامة . وإعلان ريو بشأن البيئة والتنمية يعتمد جدول أعمال القرن ٢١ من خلال تحديد حقوق ومسؤوليات الدول فيما يتعلق بهذه القضايا. ومن مبادئه :

- على أن البشر هم في صميم الاهتمامات المتعلقة بالتنمية المستدامة. يحق لهم أن يحيوا حياة صحية ومنتجة في وئام مع الطبيعة.
- أن عدم اليقين العلمي لا ينبغي أن تؤخر اتخاذ تدابير لمنع التدهور البيئي حيث توجد تهديدات بأضرار خطيرة أو لا رجعة فيها.
- أن يكون للدول الحق السيادي في استغلال مواردها الخاصة ولكن لا تسبب ضررا لبيئة الدول الأخرى.
- أن القضاء على الفقر وتقليل التفاوت في مستويات المعيشة في جميع أنحاء العالم هي «لا غنى عنه» من أجل التنمية المستدامة.
- أن المشاركة الكاملة للمرأة أمر ضروري لتحقيق التنمية المستدامة.
- أن تعترف البلدان المتقدمة بالمسؤولية التي تتحملها في السعي الدولي لتحقيق التنمية المستدامة في ضوء الضغوط التي تلقيها مجتمعاتها على كاهل البيئة العالمية والتكنولوجيات والموارد المالية التي تحت تصرفها.

وفي بيان المبادئ المتعلقة بالغابات من أجل الإدارة المستدامة للغابات كان التوافق العالمي الأول الذي تم التوصل إليه في مجال الغابات.

من أحكامه :

- أن جميع البلدان، ولا سيما البلدان المتقدمة، ينبغي أن تبذل جهداً ل«العالم الأخضر» من خلال إعادة التشجير والحفاظ على الغابات.
- أن الدول لها الحق في تطوير الغابات وفقا لاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية، وتمشيا مع السياسات الوطنية للتنمية المستدامة.
- وينبغي أن يخصص موارد المالية محددة تقدم لتطوير البرامج التي تشجع السياسات الاقتصادية والاجتماعية البديلة.

كما دعت الأمم المتحدة في مؤتمر القمة للتفاوض على اتفاق قانوني دولي حول التصحر، لاجراء محادثات حول منع استنزاف المخزونات السمكية، لوضع برنامج عمل لتحقيق التنمية المستدامة للدول النامية، وإنشاء آليات لضمان تنفيذ اتفاقات ريو .

وفي عام ١٩٩٥ تم صدور التقييم الثاني للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. ويقرّ زعماء العالم بأن الاتفاقية الإطارية لا تتمتع بالقوة الكافية لمكافحة الاحترار العالمي بصورة جادة. فيبدأون إجراء مفاوضات لإبرام اتفاقية ملزمة قانونياً للحدّ من انبعاثات الغازات الدفيئة.

وكما في عام ١٩٩٧ كانت اتفاقية كيوتو وتمثل هذه الاتفاقية خطوة تنفيذية لاتفاقية الأمم المتحدة المبدئية بشأن التغير المناخي وهي معاهدة بيئية دولية خرجت للضوء في مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية . ونصت معاهدة كيوتو على التزامات قانونية للحد من انبعاث أربعة من الغازات الدفيئة وهي ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، وسداسي فلوريد الكبريت ومجموعتين من الغازات الأخرى هيدروفلوروكربون، والهيدروكربونات المشبعة بالفلور التي تنتجها الدول الصناعية . ونصت أيضا على التزامات عامة لجميع البلدان الأعضاء. واعتبارا من عام **2008** م، صادق **183** طرفا على الاتفاقية، التي كانت قد اعتمد استخدامها في **11** ديسمبر **1997** في كيوتو في اليابان، والتي دخلت حيز التنفيذ في **16** فبراير **2005.** . ووافقت الدول الصناعية في إطار اتفاقية كيوتو على خفض الانبعاث الكلي للغازات الدفيئة بنحو ٥,٢٪ مقارنة بعام ١٩٩٠. ألزم الاتحاد الأوروبي بتخفيض قدره ٨ ٪، والولايات المتحدة بنسبة ٧**%**، واليابان بنسبة ٦ ٪، وروسيا بنسبة ٥ ٪. سمحت المعاهدة بزيادة انبعاث الغازات الدفيئة بنسبة ٨ ٪ لأستراليا و١٠ ٪ لآيسلاندا .

ويتضمن اتفاق كيوتو مجموعتين من الالتزامات المحددة تحقيقاً للمبادئ العامة التي أقرتها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وتتضمن المجموعة الأولى الالتزامات التي تتكفل بها جميع الأطراف المتعاقدة، في حين تختص المجموعة الثانية بمجموعة الالتزامات التي تتحملها الدول المتقدمة حيال الدول النامية .

وفيما يختص بالالتزامات التي تتكون منها المجموعة الأولى فإنه يمكن القول أن البروتوكول يلزم الدول الموقعة عليه بقائمة محددة من الالتزامات لا يتم التفرقة فيها بين الدول المتقدمة والدول النامية، فهي التزامات مشتركة تتكفل بتنفيذها كافة الأطراف المتعاقدة. هذه الالتزامات هي قيام ٣٨ دولة متقدمة بتخفيض انبعاثات الغازات المسببة لتأثير الدفيئة وذلك بنسب تختلف من دولة لأخرى، على أن يجرى هذا التخفيض خلال فترة زمنيه محددة تبدأ في عام ٢٠٠٨ وتستمر حتى عام ٢٠١٢. وبلغت نسبة التخفيض المقررة في حالة الاتحاد الأوروبي ٨% أقل من مستوى عام١٩٩٠، وفي حين بلغت هذه النسبة في حالة الولايات المتحدة واليابان ٧%، ٦% على التوالي. وتشمل هذه الانخفاضات ٦ غازات محددة هي : ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروجين، بالإضافة إلى ثلاثة مركبات فلورية . مع الحفاظ على الغابات، والعمل على زيادتها من أجل امتصاص انبعاثات الغازات الدفيئة المسببة لظاهرة التغير المناخي . وكذلك إقامة نظم ومناهج بحث لتقدير انبعاثات الغازات الدفيئة، مع دراسة الآثار السلبية الناجمة عنها، والتبعات الاقتصادية والاجتماعية لمختلف سياسات مواجهة المشكلة . والتعاون الفعال في مجالات تطوير التعليم وبرامج التدريب والتوعية العامة في مجال التغير المناخي بما يهدف إلى تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة . والعمل على إنتاج وتطوير تقنيات صديقة للبيئة من خلال التركيز على الأنواع الأقل استهلاكاً في الوقود، وبالتالي أقل من حيث احتراق الوقود وانبعاثات الغازات الضارة. وآليات المرونة، وهي تلك الآليات التي تعمل على تخفيض الانبعاثات وتقليل الآثار الضارة، ولكنها في نفس الوقت تأخذ البعد الاقتصادي عند احتساب تكاليف إنتاجها. وتشير هذه الجزئية إلى إمكانية بلوغ الهدف بأقل الخسائر الممكنة، وفي بعض الأحيان بدون خسائر على الإطلاق. بل ومن الممكن تحقيق مكاسب من وراء اتباع هذه الآليات. وتتيح هذه الآليات عمليات التجارة في وحدات خفض الانبعاثات .أما الالتزامات التي تحتويها المجموعة الثانية، فهي الالتزامات التي تتعهد بها الدول المتقدمة وحدها، وتلتزم بها في مواجهه الدول النامية لمساعدة هذه الأخيرة على الالتزام بالأحكام الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية من ناحية، وتشجيع الدول النامية على التعاون الفعال في إطار المنظومة الدولية لحماية البيئة من ناحية أخرى.

هذه الالتزامات يمكن تحديدها في النقاط التالية:

تتعهد الدول المتقدمة بتمويل وتسهيل أنشطة نقل التكنولوجيا منها إلى الدول النامية والأقل نموا، خاصه تلك التقنيات صديقة البيئة في مجالات الطاقة والنقل والمواصلات وغيرها .

كما تعهدت الدول المتقدمة بدعم جهود الدول النامية والأقل نموا في مجالات مواجهة الآثار السلبية للتغير المناخي والتأقلم معها .والتعاون المشترك مع الدول النامية والأقل نموا في «آلية التنمية النظيفة» والتي تعد إحدى أهم الآليات التي حددها اتفاق كيوتو. وتنص هذه الآلية على التزام واضح من جانب الدول المتقدمة بالقيام بمشروعات في الدول النامية بغرض مساعدتها على الوفاء بمتطلبات التنمية المستدامة، والمساهمة في نفس الوقت بتحقيق الهدف الرئيسي لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية الخاصة بتغير المناخ ومساعدة الدول المتقدمة في الالتزام بتخفيض الانبعاثات إلى الحد المقرر لها. فهذه الآلية تفيد كلاً من الدول المتقدمة والدول النامية على حد سواء، وتتمثل الفائدة التي تعود على اقتصاديات الدول النامية في وجود الاستثمارات القادمة من الدول المتقدمة على أراضيها، في حين تتمكن الدول المتقدمة من استخدام الانبعاثات الناتجة من أنشطة هذه المشروعات للإسهام في تحقيق جزء من التزاماتها الخاصة بتحديد وتخفيض كمي للانبعاثات . ومن خلال إجراء مقارنة سريعة بين المجموعتين من الالتزامات فإنه يمكن الاستنتاج بأن اتفاق كيوتو يضع مسئولية تنفيذ العبء الأكبر من الالتزامات الواردة فيه على عاتق الدول المتقدمة، إذ يلزمها البروتوكول بتقديم كافة صور الدعم المالي والفني اللازم لإعانة الدول النامية والأقل نموا على تنفيذ الالتزامات الناشئة عن السياسات الدولية المشتركة لحماية البيئة من مظاهر التلوث التي تداهمها. يضاف إلى ذلك أن هذا الاتفاق ألزم الدول المتقدمة دون الدول النامية والأقل نمواً بالعمل على انتهاج السياسات اللازمة لتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة بنسب محددة وفقاً لجدول زمني معين .

ومن هنا فإن الدول النامية والأقل نمواً تنظر بعين الرضى والارتياح إلى اتفاق كيوتو نظرا لقلة الالتزامات التي ألقاها على عاتقها في مجال حماية البيئة ومكافحة التلوث المناخي وصيانة الغلاف الجوي للكرة الأرضية .فهذه الدول النامية والأقل نمواً تخشى من أن أي التزامات تفرض عليها في مجال حماية البيئة سوف تحد من قدراتها وحرية حركتها على تنفيذ مشروعات التنمية، خاصة في هذه المرحلة المبكرة من مراحل النمو. يضاف إلى ذلك أن الدول النامية والأقل نمواً لا شأن لها فيما يخص ظاهرة انبعاثات الغازات الدفيئة، حيث أنها قد حدثت بفعل درجات التصنيع المتقدمة التي وصلت إليها الدول المتقدمة خاصة الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي .بل وأكثر من ذلك فإن الدول النامية والأقل نمواً ترى في نفسها ضحية سياسات التصنيع الخاطئة التي اتبعتها الدول المتقدمة، وعرضتها لمصير مشئوم في حالة ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية، إذ لا تملك الموارد المالية والتقنية التي تعينها على مواجهة سلبيات هذه الظاهرة .

وعلى العكس من ذلك ترى الولايات المتحدة الأمريكية أن الاتفاق ظالم لها، وغير محقق لمصالحها. وتستند الولايات المتحدة في ذلك إلى وجود دول وإن كانت نامية في الوقت الحالي، إلا أنها ليست كذلك في المستقبل القريب، خاصه الصين والهند، حيث ستتحول هذه الدول الأخيرة لتصبح من بين الدول المسئولة عن ظاهرة انبعاثات الغازات الدفيئة. فهذه الدول تنفذ برامج ضخمة للتصنيع دون أن تقدم أي التزامات في مجال تخفيض الانبعاثات. وترى الإدارة الأمريكية أن هذا الاتفاق لن يحقق الهدف منه طالما بقيت هذه القوى الاقتصادية الجديدة خارج نطاق الالتزامات. فما تفعله دول الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي من تخفيض لانبعاثات الغازات الدفيئة سوف تضيعه جهود الصين والهند في مجالات التنمية الصناعية .

واستناداً إلى وجهة النظر الأمريكية لحالة عدم التوازن في الالتزامات التي يتضمنها اتفاق كيوتو، التي دعت إلى معارضة تصديق الولايات المتحدة على الاتفاق. فالإدارة الأمريكية الحالية المحافظة -دفاعاً عن مصالح رجال الأعمال- ترى أن التزام الولايات المتحدة بتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة بنسبه ٧% أقل من المستوى الذي كانت عليه ١٩٩٠ خلال الفترة ٢٠٠٨-٢٠١٢ لن يتم إلا بتكلفة عالية جدا. وتعيب هذه الإدارة على اتفاق كيوتو تركيزه الشديد على مصالح المدى القصير متجاهلاً الوضع الذي ستصبح عليه ظاهرة الانبعاثات في الأجل الطويل، ومن ثم هناك حاجة -طبعاً لتقدير الإدارة الأمريكية- إلى إعادة صياغة الاتفاق بطريقة تخلق التوازن المطلوب بين التزامات كافة القوى الاقتصادية القادمة مثل الصين، والهند وروسيا الاتحادية دون تفرقة بين الدول المتقدمة والدول النامية.

وفي عام ٢٠٠١ الولايات المتحدة سحبت دعمها لبروتوكول كيوتو بحجة أن تكاليفه الاقتصادية أكبر بكثير من المنافع التي قد تتمخض عنه. وتطالب كذلك بضرورة إجبار البلدان النامية الكبيرة كالصين والهند على تخفيض انبعاثاتها هي الأخرى. إلا أنه نظراً لإطلاق الولايات المتحدة نحو ربع كميات الغازات الدفيئة في العالم، يخشى الكثيرون أنه من دون امتثال الولايات المتحدة سيكون تأثير بروتوكول كيوتو ضئيلاً في تخفيض انبعاث هذه الغازات. كذلك سحبت استراليا دعمها للبروتوكول في العام التالي. وفي عام ٢٠٠٥ بروتوكول كيوتو يدخل حيز التنفيذ في فبراير ٢٠٠٦ بعد ٩٠ يوماً من توقيع روسيا عليه.

وفي عام ٢٠١٥ كان اتفاق باريس وهو المؤتمر ٢١ الخاص بالمناخ وهو أول اتفاق عالمي بشأن المناخ. وجاء هذا الاتفاق عقب المفاوضات التي عقدت أثناء مؤتمر الأمم المتحدة ٢١ للتغير المناخي في باريس في **2015** و صدق على الاتفاق من قبل كل الوفود ١٩٥ دولة الحاضرة المؤتمر في **12** ديسمبر **2015** . ويهدف الاتفاق إلى احتواء الاحترار العالمي لأقل من ٢ درجات وسيسعى لحده في ١,٥ درجة. سيتم إعادة النظر في الأهداف المعلنة بعد خمس سنوات، وأهداف خفض الانبعاثات لا يمكن استعراضها على نحو أعلى. ووضع كحد أدنى قيمة ١٠٠ مليار دولار أمريكي كمساعدات مناخية الدول النامية سنويا وسيتم إعادة النظر في هذا السعر في **2025** على أقصى تقدير. يهدف الاتفاق إلى احتواء الاحترار العالمي لأقل من ٢ درجات وسيسعى لحده في ١,٥ درجة. وسيتم إعادة النظر في الأهداف المعلنة بعد خمس سنوات، وأهداف خفض الانبعاثات لا يمكن استعراضها على نحو أعلى. ووضع كحد أدنى قيمة ١٠٠ مليار دولار أمريكي كمساعدات مناخية الدول النامية سنويا وسيتم إعادة النظر في هذا السعر في **2025** على أقصى تقدير. تعمل اتفاقية باريس للتغير المناخي بشكل أساسي على مواجهة مشكلة انبعاثات الغازات الدفيئة، وكيفية إيجاد الحلول للتكيف معها، والتخفيف من حدة ضررها على البيئة، والنظر بجدية للاثار الواضحة للتغيرات المناخية، والحد من ارتفاع الحرارة الي اقل من درجتين مئويتين، حيث إن متوسط درجات الحرارة العالمية ارتفع بمقدار ٠,٨٥ درجه مئوية من عام ١٨٨٠ حتى ٢٠١٢.

وقد تم الاعتراف بأن التغير العالمي للمناخ يتطلب جهود قصوى، وتعاون مشترك من جانب جميع البلدان، وضرورة وجود استجابات دولية فعالة. ووجود مبادئ وأحكام وفقاً لميثاق الامم المتحدة، والذي يتضمن الحق السيادي في استغلال الموارد الخاصة، وإنه يقع على الدولة المسؤولية الكاملة في الا تقع أي انشطة داخل ولايتها تسبب ضرراً للبيئة. وتلك الأحكام يجب ان تكون صارمة وأن تنطبق على جميع البلدان المخالفة. ومن هنا عزمت كل دولة عضو في تلك الاتفاقية على النشر المستمر للتوقعات والمخططات التي تعمل عليها خلال مواجهتها لظاهرة التغيرات المناخية، ووضع الحلول بشكل ممنهج، واتخاذ القرارت الفعالة التي تعهدت بها كل دولة طرف في تلك الاتفاقية.

ومبادئ اتفاق باريس للمناخ هي:

١- للأجيال القادمة الحق في العيش في بيئة سليمة صالحة، ولذلك فحماية أطراف الاتفاقية للبيئة هو أمر منصف لتلك الأجيال ويتعين على البلدان المتقدمة أن تأخذ دور الصدارة في مكافحة التغير المناخي والآثار الضارة المترتبة عليه .

٢- توضع في الاعتبار الظروف الخاصة للبلدان النامية، ولاسيما تلك المعرضة للأضرار الناجمة عن تغير المناخ .وأن الدول المتقدمة ستتحمل عبء غير عادي بمقتضى الاتفاقية .

٣- تتخذ جميع الأطراف التدابير اللازمة للوقاية من أسباب تغير المناخ أو تقليلها أو تخفيف من حدة آثارها الضارة، ومهما كانت التهديدات والتحديات يجب اتخاذ كل التدابير اللازمة لمعالجة الأمر .

٤- وضع الخطط المناسبة المستدامة لحماية النظام المناخي من التغير نتيجة للنشاط البشري .

وقدعقد أخر مؤتمر المناخ حتى الأن سنة ٢٠١٨ ببولندا وفيه تم الاتفاق على برنامج اتفاق باريس للمناخ. كما تم التوصل إلى اتفاق حول كيفية حساب انبعاث غازات الاحتباس الحراري بشكل موحد. وشهد المؤتمر إعلان عدد من المبادرات والتعهدات المالية بشأن العمل المناخي. فتعهدت ألمانيا والنرويج بأنهما ستضاعفان مساهماتهما لصندوق المناخ الأخضر، الذي أنشئ لدعم الدول النامية. وأعلن البنك الدولي أيضا أنه سيعزز التزامه بالعمل المناخي بعد عام ٢٠٢١ إلى ٢٠٠ مليار دولار.

نبذة عن المؤلفين

- أ.د. جمال صبحي أحمد سعيد

- حصل علي بكالوريوس الهندسة عام ١٩٦٣ من كلية الهندسة بجامعة الإسكندرية في الفيزياء الكهربية والماجستير عام ١٩٦٧ والدكتوراه عام ١٩٧١ من جامعة برايتون بإنجلترا في فيزياء الجوامد التطبيقية .

- كما حصل درجة DIC عام ١٩٧٣ من الكلية الإمبريالية بلندن .

- تخصص في فيزياء الجوامد والألياف البصرية والمواد النانومترية والطاقة الجديدة والمتجددة .

- الوظيفة الحالية هي أستاذ متفرغ بكلية العلوم جامعة الفيوم منذ يونيو عام ٢٠٠٠ .

- ساهم في مجال البحث العلمي وتنمية المجتمع والبيئة مع قائمة كبيرة من الأبحاث العلمية المنشورة بالمجلات والدوريات العلمية الدولية

- له عدد من المؤلفات العلمية. كما أن له سلسلة من المقالات العلمية والثقافية المنشورة بجريدة الأهرام المصرية منذ عام ١٩٩٩ وحتى الآن.

رقم تليفون المنزل: +٢0238374693

رقم الموبايل: +٢02317643٠01

البريد الاليكتروني: gsaidsaid_eg@yahoo.com

- د. محمد عبد المنعم محمود



- حصل على بكالوريوس العلوم عام ٢٠٠١ ، وعلى الماجستير في الفيزياء النظرية والطاقة عام ٢٠٠٧ من كلية العلوم جامعة بنها .

- كما حصل على درجة الدكتوراه عام ٢٠١٦ في فيزياء الطاقة الشمسية. وتخصص في الفيزياء النظرية وفيزياء الطاقة.

- له عدد من الأبحاث العلمية المنشورة في المجلات الدولية والثقافية .

- الوظيفة الحالية هي عضو هيئة تدريس بمعهد المستقبل العالي للهندسة بالفيوم.

- رقم تليفون المنزل : +٢٠٨٤٢٦٣٥٦٣٦

- رقم الموبايل : +٢٠١٠٠٢٤٥٠٠٥٢

- البريد الإلكتروني : man9max@gmail.com

المراجع

1- Solar Energy. Christoph R,Daniel L, Christian A. Springer, New York, NY.2013.

2- Renewable Energy Systems. Martin K, Nickolas JNickolas J, Lucien Y, Lennart S, Luis A. Springer, New York, NY. 2013.

3- Handbook of Energy Systems in Green Buildings.Ruzhu W, Xiaoqiang Z. Springer, Berlin, Heidelberg. 2018.

4- Power Stations Using Locally Available Energy Sources.Lucien Y. Springer, New York, NY. 2018.

5- Nuclear Energy.Nicholas T. Springer, New York, NY.2018.

6- Recovery of Materials and Energy from Urban Wastes. Nickolas J, Thanos B. Springer, New York, NY.2019.

7- Energy from Organic Materials (Biomass).Martin K. Springer, New York, NY. 2019.

8- Fuel Cells and Hydrogen Production.Timothy E, Adam Z. Springer, New York, NY. 2019.

9- Handbook of Petroleum Processing. Steven A, Peter R, David S. Springer, Cham. 2015.

10- Transportation Technologies for Sustainability. Mehrdad E, Fei-Yue W, Gary L. Springer, New York, NY. 2013.

11- Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation. Wei-Yin C, Toshio S, Maximilian L. Springer, Cham. 2017.

12- Global Environmental Change. Bill F. Springer, Dordrecht. 2014.

13- Handbook of Nuclear Engineering. Dan G. Springer, Boston, MA.2010.

14- The Political Economy of Renewable Energy and Energy Security. Espen M, Paul M. Palgrave Macmillan, London. 2014.

15- Energy Harvesting and Energy Efficiency. Nicu B, Naser M, Frede B, Erol K. Springer, Cham. 2017.

16- Advances in Solar Energy Technology. Garg H. Springer, Dordrecht. 1987.

17- Ocean Energy. Roger H, Charles W. Springer, Berlin, Heidelberg. 2009.

18- Wind Energy 1975–1985. Penny F. Springer, Berlin, Heidelberg. 1986.

19- Nuclear Energy.David B. Springer, New York, N. 2005.

20- Solar Energy. Richard R, Hautala R, Bruce K, Charles K. Humana Press. 1979.

21- Nuclear Power and the Energy Crisis. Duncan B. Palgrave Macmillan, London. 1978.

22- Future Stresses for Energy Resources. Jean-Romain F. Springer, Dordrecht. 1986.

23- Thermal Storage of Solar Energy.den C. Springer, Dordrecht. 1981.

24- Hydrogen Energy.Nejat T. Springer, Boston, MA. 1975.

25- Economics and Politics of Energy.Behram N, Stephan L, Arnold P. Springer, Boston, MA. 1996.

26- Energy and Environment.Yasuhiko H, Kouhei O. Springer, Tokyo. 2001.

27- Geothermal Energy Development. Edgar W, James B. Springer, Boston, MASpringer, Boston, MA. 1982.

28- Energy, Ecology, Economy.Gerald G. Palgrave, London. 1972.

29- Availability of World Energy Resources.Ion D. Springer, Dordrecht. 1980.

30- Key Concepts in Energy.Nuno L. Springer, Cham. 2014.

31- Renewable Energy-2000.Gerard T, Anne-Marie E, Wolfgang P. Springer, Berlin, Heidelberg. 1993.

32- Energy Efficiency.Ming Y, Xin Y. Springer, London. 2015.

33- Energy and the Environment: Democratic Decision-Making.Christian L, Colin P, Jean V, John S. Palgrave Macmillan, London. 1978.

34- Cold War Energy.Jeronim P. Palgrave Macmillan, Cham. 2017.

35- European Energy Security.Nataliya E. VS VerlagfürSozialwissenschaften, Wiesbaden. 2012.

36- Renewable Energy.Martin K, Wolfgang S, Andreas W. Springer, Berlin, Heidelberg. 2007.

37- Climate and Energy Protection in the EU and China.Peter H, Michael P, Maximilian R, Jan-Henrik K. Springer, Cham.2019.

38- Wind Energy Conversion Systems.Muyeen S. Springer, London. 2012.

39- Renewable Energy and its Innovative Technologies.Jayeeta C, Rahul S, Om P. Springer, Singapore. 2019.

40- Eco- and Renewable Energy Materials.Yong Z. Springer, Berlin, Heidelberg. 2013.

41- Global Governance on Renewable Energy.Sybille R. Springer VS, Wiesbaden. 2015.

42- Progress in Clean Energy.Ibrahim D, Ozgur C, Onder K, Akif M. Springer, Cham. 2015.

43- Performance of Solar Energy Converters: Thermal Collectors and Photovoltaic Cells.Beghi G. Springer, Dordrecht. 1983.

44- Climate and Energy Governance for the UK Low Carbon Transition.Thomas L. Palgrave Pivot, Cham. 2019.

45- Energy Conversion and Management.Giovanni P. Springer, Cham. 2014.

46- Towards 100% Renewable Energy.Tanay S. Springer, Cham. 2017.

47- Energy Storage.Robert A. Springer, Boston, MA. 2010.

48- Marine Renewable Energy.Zhaoqing Y, Andrea C. Springer, Cham. 2017.

49- Energy Policy and Security under Climate Change.Filippos P. Palgrave Macmillan, Cham. 2018.

50- Nuclear Energy Development in Asia.Xu Y. Palgrave Macmillan, London. 2011.

51- Perspectives on Energy Risk.Andre D, Timur G, Mehmet B. Springer, Berlin, Heidelberg. 2014.

52- Ocean Wave Energy.Joao C. Springer, Berlin, Heidelberg. 2008.

53- Energy and Environmental Policy Modeling.John W. Springer, Boston, MA. 1999.

54- Global Energy Strategies.James C. Springer, Boston, MA. 1993.

55- Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques.Zekai S. Springer, London. 2008.

56- Energy.Yasar D. Springer, London. 2012.

57- Ecological Modernisation and Renewable Energy.David T. Palgrave Macmillan, London. 2011.

58- Energy Security.Nikolai M, Anastasia K. Palgrave Macmillan, Cham. 2019.

59- Energy Security in Europe.Kacper S. Palgrave Macmillan, Cham. 2018.

60- Energy in Africa.Sola A, Feargal B. Palgrave Macmillan, Cham. 2019.

61- Wind Energy in the 21st Century.Robert Y, Per D, Poul E. Palgrave Macmillan, London. 2002.

62- International Energy Economics. Thomas S. Springer, Dordrecht. 1992.

63- Energy Management in Buildings Using Photovoltaics.Elena P. Springer, London. 2012.

64- Topical Themes in Energy and Resources.Yasumitsu T, Michael N, Yu-You L. Springer, Tokyo. 2015.

65- Global Warming and Energy Policy.Behram N, Stephan L, Arnold P. Springer, Boston, MA. 2001.

66- Energy Resources and Systems.Tushar K, Mark A. Springer, Dordrecht. 2009.

67- Economic History of Energy and Environment.Sugiyama S. Springer, Tokyo. 2015.

68- Waste Energy for Life Cycle Assessment.Ayhan D. Springer, Cham. 2016.

69- Sustainable Energy Technologies. Hanjalic K, Van de Krol R, Lekic A. Springer, Dordrecht. 2008.

70- Hydrogen Energy.Bahman Z. Springer, Cham. 2019.

71- Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems.David P. Springer, Dordrecht. 2008.

72- Fossil Energy.Ripudaman M. Springer, New York, NY. 2013.

73- Primary Energy.Klaus O. Springer, Berlin, Heidelberg. 1982.

74- Energy for the Future.Ivan S, Gordon M. Palgrave Macmillan, London. 2009.

75- Underground Thermal Energy Storage.Kun S. Springer, London. 2013.

76- New Ways and Needs for Exploiting Nuclear Energy.Didier S, Wolfgang K, Spencer W. Springer, Cham. 2019

77- Renewable Energy.David E, Terence C. Palgrave Macmillan, Cham. 2018.

78- World Energy Resources.Charles E. Springer, Berlin, Heidelberg. 2002.

79- Energy Economics.Subhes C. Springer, London. 2011.

80- Energy, Transport, & the Environment.Oliver I, Sir D. Springer, London. 2012.

81- Green Energy.Xianguo L. Springer, London. 2011.

82- Alternative Energy Sources.Efstathios E. Springer, Berlin, Heidelberg. 2012

83- Energy Resources in East Africa.Herick O, Joseph L. Springer, Berlin, Heidelberg. 2006.

84- The New Energy Crisis.Jean-Marie C. Palgrave Macmillan, London. 2009.

85- Consumer Energy Conservation Behavior After Fukushima.Isamu M. Springer, Singapore. 2016.

86- Biomass Conversion Processes for Energy and Fuels.Samir S, Oskar R. Springer, Boston, MA. 1981.

87- Advances in Solar Energy.Karl W. Springer, Boston, MA. 1990.

88- Energy from Biomass.Chartier P, Palz W. Springer, Dordrecht. 1981.

89- Electric Energy Storage Systems.Przemyslaw K, Pio L, Zbigniew S. Springer, Berlin, Heidelberg. 2017.

90- Unintended Consequences of Renewable Energy.Otto A. Springer, London. 2013.

91- Solar Energy Thermal Technology.Brian N. Springer, London. 1992.

92- Solar Hydrogen Energy Systems.Gabriele Z, Paolo T. Springer, Milano. 2012.

93- Climate and Energy: The Feasibility of Controlling CO_2 Emissions. Okken P, Swart R, Zwerver S. Springer, Dordrecht. 1989.

94- Electrical Energy Generation in Europe.Jorge M. Springer, Cham. 2015.

95- Climate Change and Energy Supply and Use.Thomas J. Island Press, Washington, DC. 2014.

96- Energy Engineering.Raghavan K, Purnendu G. Springer, Singapore.2017 .

97- Geothermal Energy. Ingrid S, Kurt B. Springer, Berlin, Heidelberg. 2013.

98- Advances in Hydrogen Energy.Catherine E, Francis L. Springer, Boston, MA. 2002.

99- Energy Security and Development.Sudhakara B, Sergio U. Springer, New Delhi. 2015.

100- Topics in Energy and Resources.Stephan L, Susan M. Springer, Boston, MA. 1974.

101- Hybrid Energy Systems.Bahman Z. Springer, Cham. 2018.

102- The Earth's Atmosphere.Kshudiram S. Springer, Berlin, Heidelberg. 2008.

103- Atmosphere and Climate.Ulrich F, Gottfried K, Andrea S. Springer, Berlin, Heidelberg. 2006.

104- Ozone in the Atmosphere. Peter F, Martin D. Springer, Berlin, Heidelberg. 2014.

105- The Atmosphere and Ionosphere.Vladimir L, Gennady V, Anatoly I. Springer, Cham. 2014.

106- The Ocean Carbon Cycle and Climate.Mick F, Temel O. Springer, Dordrecht. 2004.

107- Vegetation, Water, Humans and the Climate.Pavel K, Martin C, Paul A, John H, Lelys B, Michel M, Roger A, Charles I, Ronald W, Sabine L. Springer, Berlin, Heidelberg. 2004.

108- Renewable Energy and the Environment.Md. R, Naruttam K, Saifur R. Springer, Singapore. 2018.

109- Informing Energy and Climate Policies Using Energy Systems Models.George G, Maryse L, Brian O, GianCarlo T. Springer, Cham. 2015.

110- Biofuels and Sustainability.Kazuhiko T, Hideaki S, Osamu S, Masahiro M. Springer, Tokyo. 2018.

111- Handbook of Climate Change Mitigation.Wei-Yin C, John S, Toshio S, Maximilian L. Springer, New York, NY. 2012.

112- Encyclopedia *of* World Climatology.John E. Springer, Dordrecht. 2005.

113- Pollutants from Energy Sources. Rashmi A, Avinash K, Tarun G, Nikhil S. Springer, Singapore. 2019.

114- Assessment of Energy Sources Using GIS.Lubos M. Springer, Cham. 2017.

115- Encyclopedia of Geochemistry.William M. Springer, Cham. 2018.

المواقع الإلكترونية:

1- https://www.eia.gov
2- https://www.iea.org/
3- https://www.irena.org/
4- http://www.geni.org/
5- https://renewable-world.org/
6- http://www.globalenergyworld.com/
7- https://www.fgenergy.com/
8- https://gegroup.com/
9- https://www.ensignenergy.com/
10- http://www.edisonenergy.com/
11- http://www.epenergy.com/
12- https://www.xtoenergy.com/
13- https://greenerideal.com/
14- www.renewableenergyworld.com
15- https://www.greentechmedia.com/
16- https://www.energy.gov/
17- https://www.worldenergy.org
18- https://climate.nasa.gov/
19- https://www.climate.gov/
20- https://www.climatecentral.org/
21- https://climate.com/
22- https://www.theclimategroup.org/
23- http://www.realclimate.org/
24- https://www.myclimate.org/
25- https://www.noaa.gov/climate.

الفهرس